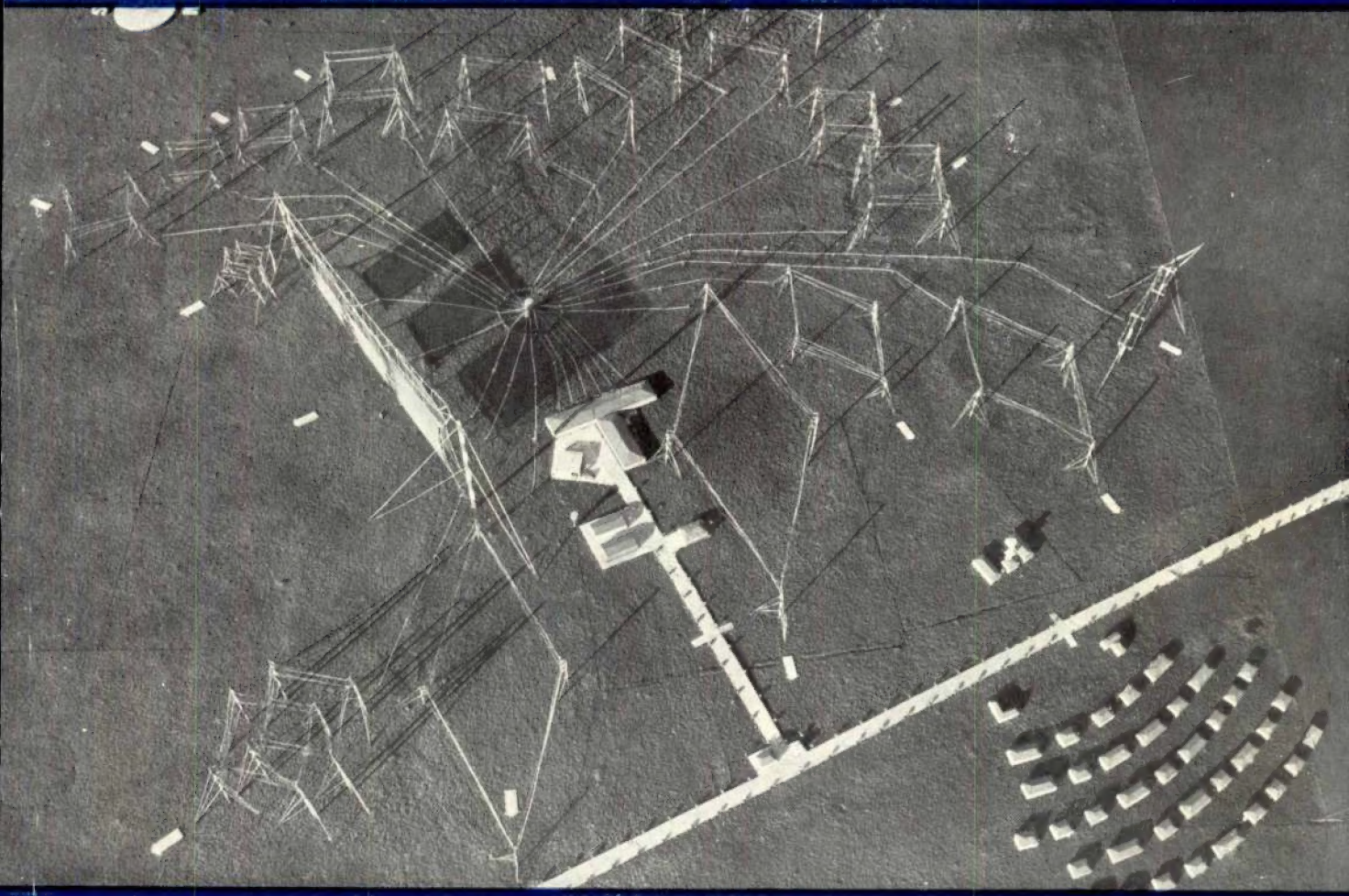
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 201 - Abril - 1950

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 - 2829 — 2830 - Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 - Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia **"CIMENTO TEJO"**

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
201
Abril — 1950

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
JOSÉ MARIA AVILLEZ
ADMINISTRADOR
LUÍZ DA CUNHA FERRAZ
SECRETÁRIO
MANUEL MARQUES MAIA
BIBLIOTECÁRIA
MARIA HELENA PORTUGAL DA SILVEIRA
CORPO REDACTORIAL
ARMANDO COUTINHO DE LENCASTRE
JÚLIO FERREIRA LOPES
MARGELINO ABREU COSTA
HENRIQUE CANALES PEREIRA

NÚMERO AVULSO 9$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	25$00	45$00	85$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	50$00	90$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

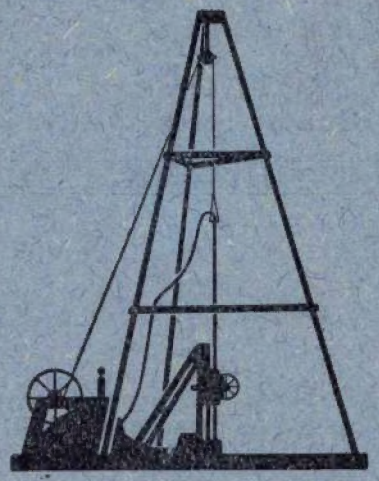
SUMÁRIO

CAPA — Modelo na escala de 1/500 de um Sistema de Antenas Direccionais de Onda Curta (100 KW) para o novo Centro Emissor da Emissora Nacional.

		Págs.
O Conceito de Equilíbrio na Preparação Científico - Técnica	Eng.º Luís A. de Almeida Alves	909
A nossa capa		1004
As geodésicas dos espaços unitários	Doutor Mira Fernandes	1005
Os ultra-sons na técnica metalúrgica	Prof. Agostinho Bargone	1010
O problema siderúrgico nacional. Uma realização em marcha	Eng.º Adriano Rodrigues	1015
A Mecânica do Solo e as suas aplicações	Eng.º Manuel Pimentel Pereira dos Santos	1036
Cálculo da lage encastrada em 3 lados e sem apoio no 4.º lado	Eng.º Manuel Bravo	1055
Biblioteca		1061

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

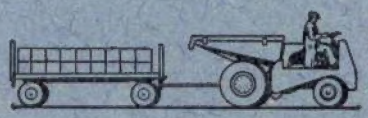
Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

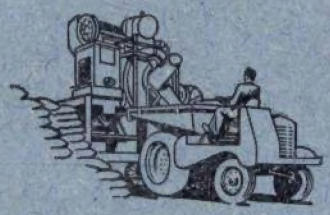
R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

MUIR-HILL DUMPER

TRANSPORTADORES BASCULANTES COM COMANDO ROTATIVO





O método mais económico de transportar materiais a granel, como podem comprovar as unidades já ao serviço em Portugal

///

OS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

HENRY M. F. HATHERLY, L.DA

RUA DO COMÉRCIO, 8

Telefones 2 2001 e 2 6633 — LISBOA

vos fornecerão todos os detalhes e as suas propostas para entregas rápidas

AMSLER

MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
APARELHOS HIDROMÉTRICOS, PLANÍMETROS, ETC.

PRECISÃO **ROBUSTEZ**

COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE DISPOSITIVOS

e máquinas de ensaio, para a fabricação e para a construção, espalhados por todo o mundo. Experiência quase centenária

Máquinas de tracção e compressão
» » flexão e torção
» » dureza e fadiga
» » choque (martelos pendulares)
Dinamómetros hidráulicos
Aparelhos para aferir manómetros
Dinamómetros de torção para potências
Prensas para ensaios de cimentos
Máquinas para ensaio de madeiras e materiais de construção
Vagões-dinamómetros
Molinetes e Limnígrafos
Planímetros. Integradores
Dilatómetros industriais

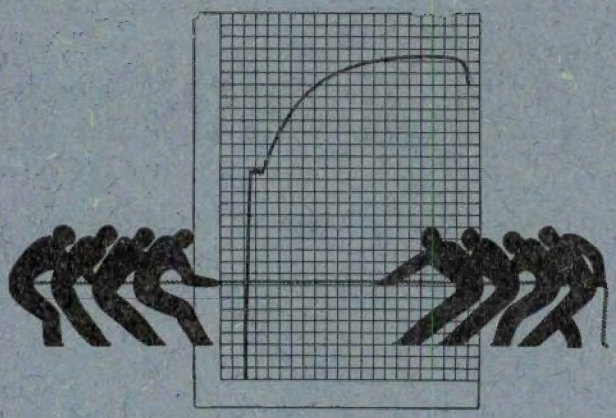


Diagrama de tracção

CATÁLOGOS E LISTA DOS COMPRADORES PORTUGUESES À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS

Representantes exclusivos para Portugal e Colónias:

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 24314/15 LISBOA

AMSLER
SCHAFFHOUSE

WORTHINGTON

A MAIOR ORGANIZAÇÃO MUNDIAL NO FABRICO DE:

Bombas de todos os tipos dos quais estão instaladas em Portugal unidades de potência superior a 3.000 HP.

Para entrega imediata: Bombas para trasfega de azeite e outros óleos, Grupos Moto-Bombas Diesel e a petróleo, Grupos Electro-Bombas.

Compressores de ar de todas as potências, desde a pequena unidade para garagens até às maiores unidades industriais.

Instalações Frigoríficas
Turbinas de Vapor e Turbo Geradores
Motores Diesel e Grupos Electrogénios

ENTREGAS RAPIDAS

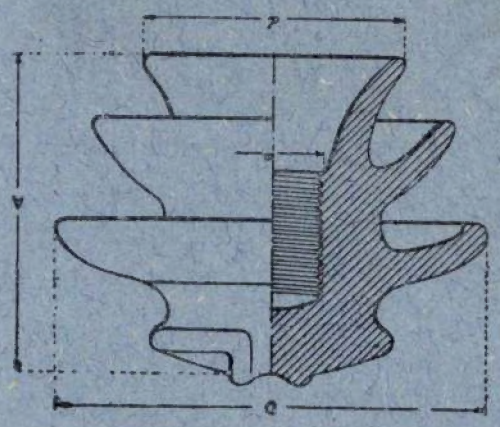
Fábricas na:
América, Inglaterra, França e Espanha

Representantes exclusivos
H. VAULTIER & C.ª
Em toda a parte do Império Português

Fábrica de Porcelana da Vista Alegre, L.da

FUNDADA EM 1824

LISBOA — Sede: Largo da Biblioteca, 17 — Fábrica em Ilhavo — AVEIRO



Além de porcelanas domésticas e artísticas fabrica em larga escala

PORCELANAS PARA USOS INDUSTRIAIS

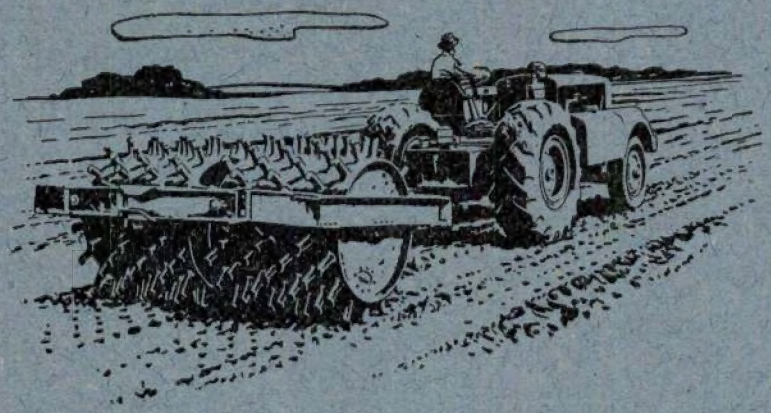
E PORCELANAS ELÉCTRICAS DE BAIXA E ALTA TENSÃO

DEPOSITOS:

LISBOA — Largo do Chiado, 18 — Rua Cândido dos Reis — PORTO

"Caterpillar"

NOS TRABALHOS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS....



NOS TRABALHOS AGRÍCOLAS E EXPLORAÇÕES INDUSTRIAIS....

SÃO AS MÁQUINAS QUE ASSEGURAM O MAIOR RENDIMENTO E ECONOMIA.

5 Modelos de tractores com potências desde 32 a 150 H. P.
MOTORES INDUSTRIAIS, MARÍTIMOS E GRUPOS ELECTROGENEOS

ENTREGAS IMEDIATAS

Consulte os agentes exclusivos em Portugal e Colónias da Africa Ocidental

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47

PORTO LISBOA LUANDA

FORNOS ELÉCTRICOS PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os fornos BIRLEC são usados extensivamente nas importantes indústrias de máquinas e metais em todo o mundo, permitindo um tratamento térmico preciso, uniforme e económico, incluindo: —

Temperar e revenir ferramentas e peças na grande produção.
Recozer chapas, fita, arame, etc., sem oxidação.
Tratamento de alumínio e ligas leves.
Cementar por carburização, cianidização e nitrificação.
Soldar cobre e prata.
Tratamento térmico de lingotes não-ferrosos para laminagem e extrusão.
Aquecimento por indução a alta frequência para todos os fins.

Fornos especiais, tipo transportador para grandes produções

BIRLEC **LIMITED**

Agentes:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

Rua do Ferregial de Baixo, 33-2.º — LISBOA

Telef. 21321/4

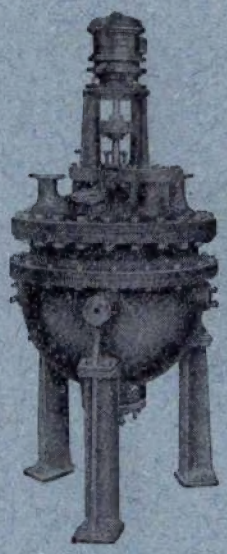
Agentes para os fornos eléctricos de fundição:

GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA, S. A. R. L.

Rua do Norte, 5 — LISBOA

Telef. 28135/6

Atlas Diesel
ESTOCOLMO
FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS
E COMPRESSORES
E AS AFAMADAS
BROCAS COM
PONTA DE
METAL DURO
"COROMANT"
RENDIMENTO
E DURAÇÃO
NUNCA ATINGIDOS.
AS MELHORES REFERÊNCIAS.
CONSULTEM
E PEÇAM DEMONSTRAÇÕES AOS
REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
JAYME DA COSTA, L.DA
LISBOA:
R. DOS CORREEIROS, 8-26
PORTO:
P. DA BATALHA, 12-12A



APARELHOS E EQUIPAMENTO PARA AS INDÚSTRIAS QUÍMICAS FARMACEUTICAS, ALIMENTARES, ETC., ETC. ...

MATERIAL EM FERRO ESMALTADO,
ESMALTE ESPECIAL RESISTENTE AOS ÁCIDOS.

— trituradores, evaporadores, autoclaves, monta-mostos, filtros, misturadores, cubas, tubagem especial, etc., etc. ...

RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAGEM,
TABULEIROS DE SECAGEM EM AÇO VIDRADO,
MATERIAL EM FERRO FUNDIDO.

— Cubas de ferro fundido especial até 20.000 litros.

MATERIAL EM FERRO FUNDIDO OU CHAPA,
REVESTIDO DE CAOUTCHOUC R. C. D.

— Para tratamento de produtos químicos.

Aparelho de reacção com agitador, em ferro, esmaltado interiormente

Capacidade útil: 125 litros

DE DIETRICH & C.IE

NIEDERBRONN / BAS-RHIN FRANÇA

Sociedade Anónima com o capital 750 000.000 de Frs.

SECÇÃO:
Fundição e Esmaltagem

Enviam-se catálogos, indicações técnicas e orçamentos, sempre que sejam solicitados

REPRESENTANTE EM PORTUGAL:

RUY DE LACERDA

Rua do Almada, 262 PORTO

OFICINAS E LABORATÓRIOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

FUNDAÇÕES FRANKI

ESTACAS FRANKI

moldadas no terreno por compressão

ESTACAS FORUM

moldadas no terreno por perfuração

ESTACAS MEGA

cravadas por meio de macaco hidráulico

SONDAGENS GEOLÓGICAS

SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA

(SOCOPOL)

Construções Civis Obras Públicas Betão Armado

Praça da Alegria, 20 r/c — LISBOA — Telefone 27456

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968

Central subterrânea de Innertkirchen (Suíça), equipada com três alternadores Oerlikon, de 52.250 kVA 428 r. p. m., cada um. Estes alternadores verticais são os geradores mais potentes da Suíça

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos completos para centrais termo e hidroeléctricas, subestações e instalações de distribuição. Accionamentos eléctricos especiais para todas as indústrias. Geradores, motores, transformadores, reguladores de indução, comutadores, rectificadores de vapor de mercúrio, equipamentos para soldadura eléctrica por arco. Electrolizadores para a produção de hidrogénio e oxigénio. Aparelhos de manobra e protecção para alta e baixa tensão, reguladores automáticos de tensão, relés, pára-raios. Turbinas de vapor e turbo-geradores, ponte-gruas, compressores. Equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras, veículos diesel-eléctricos, locomotivas de acumuladores, tranvias, troleibus, funiculares e teleféricos, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

JOSÉ MARIA AVILLEZ
DIRECTOR

ANO XXVI - N.º 201 ABRIL 1950

O Conceito de Equilíbrio na Preparação Científico-Técnica

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
(Assistente do I. S. T.)

C. D. 378.12:66

No passado número da «Técnica», com a publicação do artigo sobre «Absorpção de Gases», terminou a série de artigos gerais sobre Operações Unitárias, que tinha sido iniciada em Maio de 1946; faltou tratar, ùnicamente, a transmissão não permanente de calor, cujo estudo só poderá ser feito mais tarde, por razões impostas pelas circunstâncias actuais. A orientação geral desses artigos foi definida na Introdução ao «Transporte Mecânico de Sólidos nas Instalações Industriais» ([1]), de onde se transcreve o seguinte: «Dentro deste espírito e à medida que nos for possível, propomo-nos escrever alguns artigos sobre operações de Química Industrial, utilizando, como base, os conhecimentos adquiridos em cadeiras de índole teórica ou prática do Instituto e completando-os sempre que alguma descontinuidade nos apareça. Pretendemos que o estudo que vamos fazer seja tão racional quanto possível pelo que só utilizaremos dados empíricos quando se tornar absolutamente necessário; e, como o nosso principal objectivo é fazer a aplicação prática dos elementos de cultura científica adquiridos na Escola, não nos interessa, evidentemente, entrar em pormenores de descrição que se encontram nos livros referentes a cada assunto, mas simplesmente, dar o mínimo de indicações necessárias para que a leitura desses livros se faça fàcilmente e com utilidade».

Nesse momento, não era possível prever até que ponto os objectivos anunciados poderiam ser satisfeitos, não só pelas dificuldades inerentes ao trabalho a realizar, como também, pela evolução natural das ideias próprias, em consequência de um maior contacto com a vida industrial, com o aumento correspondente de experiência e de cultura técnica; por este motivo, há toda a vantagem em fazer, agora, um «exame de consciência» que permita analisar os artigos publicados, num aspecto de conjunto e, simultâneamente, tirar deles algumas conclusões gerais que possam ser aplicadas a definir um conceito de equilíbrio na apreciação dos variados aspectos que a preparação científico-técnica pode apresentar.

* * *

Um exame, mesmo superficial de todos os artigos publicados, revela a existência de um certo número de características comuns que podem ser sistematizadas nos seguintes pontos:

1) Desenvolvimento teórico rigoroso e simples, pela aplicação imediata dos conhecimentos científicos já adquiridos, em particular, de Cálculo, Mecânica (e Resistência de Materiais) e Termodinâmica.

([1]) «Técnica» n.º 165, pág. 937.

2) Aplicações práticas baseadas nas noções simples de atrito, perda de carga, trabalho de fractura, resistência de fluidos ao movimento de sólidos, equilíbrio de fases e convecção através de dois filmes em série.
3) Estudo das linhas gerais dos problemas, estabelecendo as relações funcionais entre as diferentes variáveis, determinando o grau de precisão dos resultados e fixando as normas gerais que devem orientar o projecto da aparelhagem utilizada.
4) Supressão quase completa de pormenores de índole teórica ou de ordem prática, depois de estabelecida a estruturação lógica dos problemas a resolver.

Estas quatro características fundamentais, definem completamente o âmbito de utilização dos estudos feitos, fixando-lhes a sua posição exacta, como elementos indispensáveis a uma preparação eficiente para as necessidades cada vez maiores da moderna Química Industrial. Cada uma dessas características corresponde a um aspecto particular, cujo conjunto pode ser esquematizado da seguinte maneira:

1) Necessidade de um mínimo de cultura científica.
2) Existência de uma unidade absoluta de conceitos e de raciocícios.
3) Ausência de elementos de novidade para os especialistas em cada um dos assuntos tratados.
4) Insuficiência de dados descritivos e experimentais que permitam evitar a consulta de livros, revistas ou catálogos.

Como corolário desta esquematização pode tirar-se, imediatamente a conclusão seguinte: «*Os trabalhos publicados são de tipo meramente didático, faltando-lhes, por um lado, a novidade dos artigos originais e, por outro lado, a utilidade dos artigos de aplicação directa*».

E, como consequência final, é legítimo perguntar se valeu a pena ocupar espaço em 24 números da «Técnica», para fazer um curso sobre Operações Unitárias.

* * *

Os progressos da Engenharia Química, na segunda metade do século actual foram devidos, como se sabe, à necessidade de resolução dos seguintes problemas fundamentais:

1) Aumento dos salários
2) Rendimento máximo das matérias primas
3) Possibilidade de substituição das matérias primas.

A satisfação destes objectivos impôs uma revisão dos métodos de investigação e de projecto, que conduziu à criação de dois ramos especializados da Química Industrial:

1) Mecânica Química.
2) Tecnologia Química (Chemical Engineering) ([1]).

O ensino de qualquer destes assuntos tornou-se, portanto, absolutamente imprescindível nas Escolas de Engenharia Química e, por esse motivo, houve que ter em linha de conta a sua elaboração num sentido pedagógico, criando-se corpos de doutrina coerentes, pela definição dos conceitos, pela uniformidade de orientação, pela consistência das dedu-

([1]) Este assunto já foi tratado, embora em moldes diferentes no artigo sobre «A Estruturação Teórica do Curso de Engenharia Química» publicado no n.º 187, da «Técnica».

ções, pela harmonia do desenvolvimento e pelo rigor dos limites de aplicação; no entanto, a evolução não foi a mesma nos dois casos considerados.

A Mecânica Química, alicerçada nos fundamentos sólidos da Termodinâmica, ràpidamente atingiu uma posição definitiva, criando bases seguras de progresso e de investigação; a Tecnologia Química, pelo contrário, obrigada a rever as soluções empíricas, consagradas pela prática industrial, não podia adquirir a sua autonomia científica senão por aproximações sucessivas, o que era dificultado ainda, pela heterogeneidade do seu campo de aplicação. Estas condições nìtidamente desfavoráveis à realização do objectivo fundamental de obter *sínteses* de valor formativo, conduziram insensìvelmente à sua substituição por *resumos* mais ou menos completos, mas sem uma projecção apreciável na resolução genérica dos problemas usuais.

As circunstâncias especiais da evolução da Tecnologia Química impediram, na maioria dos casos, que a literatura existente no momento actual satisfaça simultâneamente às condições de unidade e de síntese, as quais representam, em última análise, os factores determinantes do rendimento que o ensino deve atingir. Resta saber, no entanto, se o problema do rendimento tem, neste caso, uma importância que possa ser considerada como fundamental.

* * *

A tendência sempre crescente para uma maior especialização, que se verifica nas variadas subdivisões da Engenharia, obriga a definir e, cada vez, com maior precisão, qual o valor relativo de alguns conceitos de polaridade oposta (a que poderemos chamar *conceitos conjugados*), dos quais os mais importantes são os seguintes:

1) Enciclopedismo — especialização.
2) Teoria — prática.
3) Qualidade — quantidade.
4) Organização — execução.

A definição desse valor relativo tem de ser baseada na noção de *utilidade de produção* ([1]), a qual, por seu turno, está directamente relacionada com a *quantidade* produzida, sendo esta, em princípio, uma função crescente do grau de *especialização* que se possui, da *prática* que já se adquiriu e da capacidade de *execução* que se criou. Mas, sendo assim, pode tirar-se, lògicamente, a seguinte conclusão: A utilidade profissional só depende directamente, da especialização, da prática, da quantidade e da execução (a que poderemos chamar *factores de aplicação*) e, portanto, o enciclopedismo, a teoria, a qualidade e a organização (que poderão ser designados por *factores de formação*) não podem ser avaliados pelo seu interesse directo, mas sim pela sua interferência como agentes de equilíbrio e de orientação.

Por outro lado, porém, cada um dos factores de aplicação apresenta aspectos diferentes, de acordo com a zona de utilidade a que se refere e, portanto, as noções de enciclopedismo, teoria, qualidade e organização *não têm um significado absoluto,* mas são condicionadas pela função orientadora que têm a desempenhar. Nestas condições, pode concluir-se, em primeira aproximação, que o valor relativo dos conceitos conjugados é constante, qualquer que seja o seu campo de aplicação, o que vai permitir que se admita, em princípio, como sendo geral, a seguinte definição: *Cada um dos factores de formação deve ter um valor tal que esteja em equilíbrio com o do respectivo factor de aplicação.*

Esta definição só tem um valor esquemático porque a noção de equilíbrio é natural-

---

([1]) Mesmo que se trate da produção de bens não materiais.

mente variável conforme os casos; por isso, há que adaptá-la a cada um dos pares de conceitos conjugados, de modo a ser possível chegar a conclusões de utilidade prática, como se indica a seguir:

1) O enciclopedismo deve estender-se a todos os conhecimentos directamente relacionados com aquele sobre o qual incide a especialização.
2) A teoria deve ter um desenvolvimento suficiente, para ser capaz de orientar e de interpretar as realizações práticas a que se destina.
3) A qualidade tem de satisfazer a um mínimo indispensável que dê origem a um completo aproveitamento da quantidade produzida.
4) A organização deve ser levada a um ponto tal que a execução se efectue com o máximo de rendimento.

Estas definições, pela sua própria natureza, fixam ùnicamente limites inferiores para os factores de formação e, portanto, não resolvem completamente o problema; a resolução total exige também, a determinação de limites superiores, o que só é possível entrando em linha de conta com a influência de uma nova variável — o tempo de realização.

* * *

O dinamismo dos tempos actuais caracteriza-se por uma evolução constante nos processos, nos rendimentos e nas aplicações. Esta evolução tem uma determinada velocidade estatística que condiciona o progresso material do Mundo em cada instante e, por consequência, é evidente que os diferentes trabalhos que se realizam são obrigados a ter um certo ritmo de modo a serem capazes de acompanhar a evolução geral.

Esta conclusão, que faz realçar, mais uma vez, o valor intrínseco dos factores de formação, conduz ainda à imposição da necessidade de reduzir o tempo destinado à sua aprendizagem, conjugando-o convenientemente com o valor absoluto mais aconselhável a que devem obedecer. Sob o ponto de vista prático, tudo se resume em separar o *essencial,* do *acessório,* esquematizando os factores de formação nas suas directrizes basilares e abstraindo de todos os pormenores desnecessários, os quais, na realidade, representam já uma certa tendência de descentralização; por outras palavras, há que efectuar a sua redução aos esquemas mais simples na generalidade, mas que representem sínteses racionais com o máximo de valor de orientação.

A elaboração dessas sínteses é sempre um trabalho demorado e, por vezes, difícil, o qual, no entanto, se torna absolutamente necessário, como condição «sine qua non» da satisfação simultânea aos imperativos de equilíbrio e de tempo. Só assim é possível obter um elevado rendimento de trabalho, evitando, por um lado, o aumento de «entropia» resultante da falta de ordenação e, por outro lado, a «dissipação de calor» proveniente da lentidão das transformações.

* * *

Analisando as características fundamentais da Tecnologia Química, com vista à fixação das condições de equilíbrio e de tempo, podem estabelecer-se os seguintes pontos de partida:

1) O enciclopedismo tem de ser relativamente vasto, atendendo à variedade teórica e prática das diversas operações unitárias.
2) A teoria tem de ter um desenvolvimento bastante grande, a fim de ser possível chegar a fórmulas de aplicação directa (mesmo que o seu interesse seja especialmente qualitativo).

3) A qualidade do estudo tem de corresponder a um máximo de rigor científico e de esquematização.
4) A organização do estudo deve ter como objectivo fundamental, a obtenção do máximo de unidade, na estruturação teórica dos assuntos a tratar.

A análise desta sistematização permite concluir que a variável tempo tem uma importância fundamental no estudo da Tecnologia Química, o que justifica a necessidade de fazer um estudo tão sintético quanto possível, sem deixar de satisfazer, no entanto, às condições específicas dos factores de formação. Foi esta a razão que determinou a publicação dos artigos sobre operações unitárias, estabelecendo-se uma base geral, simples e cómoda, de introdução à leitura de livros e artigos de maior desenvolvimento. Dentro do possível, foram satisfeitas as condições de tempo mínimo, especialmente nos dois últimos anos, em que a orientação geral dos artigos estava já pràticamente delineada; aliás, foi no estabelecimento dessa orientação, que as dificuldades foram maiores, devido à preocupação de manter sempre a mesma coerência de raciocínios e de evitar quaisquer lacunas na exposição. A parte restante foi relativamente mais simples por ser possível utilizar, em maior escala, os dados dos livros existentes.

* * *

Esta série de artigos correspondeu a um trabalho persistente e demorado, mas não teve o aspecto brilhante dos trabalhos de investigação; foi, por essa razão, até certo ponto, que se pôs a pergunta inicial acerca do interesse da sua publicação, atendendo à opinião corrente de que só têm valor os artigos completamente originais. Nas considerações anteriores, pretendi demonstrar, com o máximo de objectividade compatível com a natureza do problema, que essa publicação era *absolutamente necessária* e, portanto, houve que sacrificar as tradições usuais à utilidade prática, tanto mais que esta ía sendo verificada experimentalmente, à medida que os artigos se publicavam.

Terminado e justificado o trabalho que se empreendeu, ficaram definitivamente firmadas as bases gerais do ensino da Tecnologia Química, que vão permitir estudar com facilidade qualquer problema de aplicação corrente, com o consequente domínio das dimensões da aparelhagem e das condições do seu funcionamento, tendo sempre em vista as limitações impostas pelas hipóteses a que é necessário recorrer, a partir das quais se cria o *bom senso* industrial que se vai aperfeiçoando pelo estudo, pela experiência e pela observação.

A NOSSA CAPA

A fotografia da capa mostra o modelo na escala de 1/500 de um Sistema de Antenas Direccionais de Onda Curta (100 KW) projectado pelos engenheiros da Standard Eléctrica para o novo Centro Emissor da Emissora Nacional, cuja execução foi recentemente iniciada. O Sistema abrange 22 antenas de diversos tipos nomeadamente cortinas de dipolos simples, cortinas de dipolos dobrados, cortinas de rômbicas sobrepostas e cortinas de rômbicas sobrepostas e entrelaçadas; inclui também um sistema automático de comutação de antenas que permite a ligação de qualquer de 7 emissores a qualquer antena por comando a partir do edifício dos emissores. As antenas destinam-se ao serviço Ultramarino e Internacional da Emissora Nacional e cobrem separadamente Angola e Moçambique, Macau, Timor, Índia Portuguesa, Cabo Verde e Guiné, Brasil, Estados Unidos da América, Terra Nova, América Latina, Açores e Madeira e Europa, nas diferentes frequências atribuídas a esses serviços.

As linhas de transmissão são a 4 fios, para uma impedância característica de 320 ohms e estão projectadas para uma potência de emissão de 100 KW. As antenas são previstas para assegurarem determinadas características de radiação traduzidas fundamentalmente por azimute de máxima radiação, largura horizontal de feixe de radiação, ângulo de fogo e ganho. As antenas formadas por cortinas de dipolos destinam-se a trabalhar numa só frequência; as cortinas de rômbicas destinam-se a trabalhar em várias frequências dentro duma banda larga. As adaptações de impedância das linhas às entradas das antenas são feitas, conforme os casos, ou por fracções de linha devidamente sintonizadas dando uma adaptação para uma frequência crítica ou por secções exponenciais de linha dando uma adaptação em banda larga.

Para Angola e Moçambique estão previstas 3 cortinas de dipolos para as frequências de 11, 15 e 17 Mc/s; o ganho destas antenas é da ordem de 20 dB; estão ainda previstas duas antenas formadas por cortinas de rômbicas sobrepostas e entrelaçadas e cobrindo respectivamente as bandas de 7 a 9 Mc/s e 21 a 26 Mc/s; o ganho destas antenas é da ordem de 18 dB. Para o serviço da Europa está prevista uma antena formada por uma cortina de dipolos dobrados com uma largura horizontal de feixe da ordem de 70° e um ganho axial de 12 dB. Para os outros serviços estão previstas antenas formadas por cortinas de rômbicas sobrepostas com ganhos variando entre 14 e 21 dB conforme os casos. Todas as antenas foram projectadas para os ângulos de fogo óptimos para as respectivas condições de propagação.

As geodésicas dos espaços unitários

PELO DOUTOR MIRA FERNANDES

PROFESSOR DO I. S. T.

C. D. 513.73

1) Seja X_{2n} uma variedade real a $2n$ dimensões e $P(x^1, x^2 \ldots x^n, y^1, y^2 \ldots y^n)$ um dos seus pontos.

Introduzamos em X_{2n} as coordenadas complexas

$$1) \quad \begin{cases} \xi^\alpha = x^\alpha + i y^\alpha & (\alpha = 1,2 \ldots n) \\ \overset{*}{\xi}{}^\alpha = x^\alpha - i y^\alpha & i = (-1)^{\frac{1}{2}}. \end{cases}$$

O Jacobiano $(-2i)$ do sistema 1) não se anula em ponto nenhum de X_{2n} e, portanto, ξ^α e $\overset{*}{\xi}{}^\alpha$ constituem um conjunto de $2n$ variáveis independentes, que definem os pontos de X_{2n}.

E, como $\overset{*}{\xi}{}^\alpha$ é o conjugado de ξ^α, é evidente que os pontos de X_{2n} ficam determinados pelo simples conhecimento das coordenadas ξ^α.

Diremos que estas coordenadas ξ^α determinam *pontos* dum espaço complexo X_n, a n dimensões.

A toda a função $\varphi(\xi^\alpha, \overset{*}{\xi}{}^\alpha)$ corresponde uma função $\overset{*}{\varphi}(\overset{*}{\xi}{}^\alpha, \xi^\alpha)$ a que chamamos conjugada da primeira e que dela resulta trocando (em 1)), i em $-i$.

A toda a transformação de coordenadas, de Jacobiano não nulo,

$$1') \quad \begin{cases} \xi^\alpha = \xi^\alpha(\xi^{\alpha'}), \ \xi^{\alpha'} = x^{\alpha'} + i y^{\alpha'} \\ \overset{*}{\xi}{}^\alpha = \overset{*}{\xi}{}^\alpha(\overset{*}{\xi}{}^{\alpha'}), \ \overset{*}{\xi}{}^{\alpha'} = x^{\alpha'} - i y^{\alpha'} \end{cases}$$

façamos corresponder o afinor unitário

$$2) \quad A^\alpha_{\alpha'} = \frac{\partial \xi^\alpha}{\partial \xi^{\alpha'}} \qquad A^{\overset{*}{\alpha}}_{\overset{*}{\alpha'}} = \frac{\partial \overset{*}{\xi}{}^\alpha}{\partial \overset{*}{\xi}{}^{\alpha'}} \ (^1).$$

(1) Usamos as notações de Schouten e Struik, *Einführung in die neueren Methoden der Differential Geometrie*, vol. 2 — pg. 225.

Um vector $v^\lambda(\xi^\alpha, \overset{*}{\xi}{}^\alpha)$ diz-se do *primeiro tipo*, se

$$3) \quad v^{\lambda'} = A^{\lambda'}_\lambda v^\lambda.$$

E, associado com ele, diz-se do *segundo tipo* o vector que se transforma segundo a lei

$$3') \quad \overset{*}{v}{}^{\lambda'} = A^{\overset{*}{\lambda'}}_{\overset{*}{\lambda}} \overset{*}{v}{}^{\overset{*}{\lambda}}$$

e se chama conjugado do primeiro.

2) Introduzamos em X_n uma conexão definida por n^3 parâmetros de transporte $\Gamma^\gamma_{\alpha\beta}$, que são funções das coordenadas. Por seu intermédio, a diferencial covariante dum vector contravariante será definida pelas equações

$$4) \quad \delta v^\lambda = d v^\lambda + \Gamma^\lambda_{\alpha\beta} v^\alpha d \xi^\beta$$

(e suas conjugadas).

Do mesmo modo, a diferencial covariante dum vector covariante será definida pelas equações

$$4') \quad \delta \omega_\lambda = d \omega_\lambda - \Gamma^\alpha_{\beta\lambda} \omega_\alpha d \xi^\beta$$

(e suas conjugadas).

Os parâmetros $\Gamma_{\alpha\beta}^{\lambda}$, quando se efectua uma transformação de coordenadas 1'), transformam-se da maneira bem conhecida (1) dos tratados de Geometria diferencial.

Chamando $\underline{\partial_\mu}$ e $\underline{\partial^*_\mu}$ às derivadas parciais $\frac{\partial}{\partial \xi^\mu}$ e $\frac{\partial}{\partial \overset{*}{\xi}{}^\mu}$

(1) Vidé Schouten e Struik, log. citado, pg. 227.

serão

$$5\quad \begin{cases} \delta\, v^{\lambda} = d\,\xi^{\beta}\left(\partial_{\beta}\, v^{\lambda} + \Gamma^{\lambda}_{\alpha\,\beta}\, v^{\alpha}\right) + \\ \qquad + d\,\overset{*}{\xi}{}^{\beta}\, \partial^{*}_{\beta}\, v^{\lambda} \\ \delta\,\omega_{\lambda} = d\,\xi^{\beta}\left(\partial_{\beta}\,\omega_{\lambda} - \Gamma^{\alpha}_{\beta\,\lambda}\,\omega_{\alpha}\right) + \\ \qquad + d\,\overset{*}{\xi}{}^{\beta}\, \partial^{*}_{\beta}\,\omega_{\lambda} \end{cases}$$

atendendo a 4) e 4'), visto ser

$$5'\quad \begin{cases} d\, v^{\lambda} = d\,\xi^{\beta}\,\partial_{\beta}\, v^{\lambda} + d\,\overset{*}{\xi}{}^{\beta}\,\partial^{*}_{\beta}\, v^{\lambda} \\ d\,\omega_{\lambda} = d\,\xi^{\beta}\,\partial_{\beta}\,\omega_{\lambda} + d\,\overset{*}{\xi}{}^{\beta}\,\partial^{*}_{\beta}\,\omega_{\lambda}\ . \end{cases}$$

Com as equações 5) e 5'), são válidas as suas conjugadas.

Chamemos K_n a um espaço hermítico, com as derivadas covariantes definidas por 5).

3) Introduzamos ainda, em K_n, um tensor fundamental hermítico $a_{\lambda\overset{*}{\beta}}$, com simetria hermítica; isto é, tal que a matriz $(a_{\lambda\overset{*}{\beta}})$ é igual à conjugada da sua transposta.

Se esse tensor é tal que a sua diferencial covariante é nula, isto é

$$6)\quad \begin{aligned} 0 = \delta\, a_{\gamma\overset{*}{\beta}} &= \left(\partial_{\upsilon}\, a_{\gamma\overset{*}{\beta}} - \Gamma^{\rho}_{\upsilon\gamma}\, a_{\rho\overset{*}{\beta}}\right) d\,\xi^{\upsilon} + \\ &+ \left(\partial^{*}_{\upsilon}\, a_{\gamma\overset{*}{\beta}} - \Gamma^{\rho}_{\overset{*}{\upsilon}\,\overset{*}{\beta}}\, a_{\gamma\overset{*}{\rho}}\right) d\,\overset{*}{\xi}{}^{\upsilon} \end{aligned}$$

o espaço K_n diz-se *unitário*.

4) O objecto desta *Nota* é o exame das condições que devem verificar-se para que dois espaços unitários K_n e K'_n tenham geodésicas correspondentes. Esse exame foi feito, em dois casos particulares, por N. Coburn [1]. Vejamos, em primeiro lugar, em que consiste o problema; e depois diremos quais são os casos particulares examinados e resolvidos pelo referido Professor. Daremos, por fim, a sua solução, num caso bastante mais geral.

[1] *N. Coburn — Unitary Spaces with corresponding geodesics* (Bulletin of the *American Mathematical Society*, vol. 47 — pg. 901).

Os símbolos e os métodos são análogos àqueles por que o mesmo problema é resolvido para os espaços riemannianos, no tratado clássico *Riemannian Geometry* do professor Eisenhart (Princeton University Press, 1926 — pg. 131).

5) Seja X_1 uma curva do espaço unitário K_n definida pelas equações

$$7)\quad \begin{cases} \overset{*}{\xi}{}^{\gamma} = \overset{*}{\xi}{}^{\gamma}(t) \\ \xi^{\gamma} = \xi^{\gamma}(t) \end{cases}$$

sendo t um parâmetro *real*, e ξ^{λ} e $\overset{*}{\xi}{}^{\lambda}$ funções conjugadas.

As equações 7) determinam uma curva no espaço real X_{2n}. O elemento de arco dessa curva será

$$8)\qquad ds = \sqrt{a_{\lambda\overset{*}{\mu}}\, d_t\,\xi^{\lambda}\, d_t\,\overset{*}{\xi}{}^{\mu}}\, dt$$

subentendendo-se, como habitualmente, o sinal Σ e representando por $d_t\,\xi^{\lambda}$ a derivada $\frac{d\xi^{\lambda}}{dt}$.

A substituição de 7) em 8) dá-nos, por integração, o comprimento de arco da curva. Como t é *real, este arco é também real.* Com efeito, por ser $a_{\lambda\overset{*}{\mu}}$ igual ao conjugado do transposto e ser subentendido em 8) o sinal Σ, é evidente que o radicando de 8) é igual ao seu conjugado.

As geodésicas da curva são, portanto, as condições de estacionaridade do integral

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{a_{\lambda\overset{*}{\mu}}\, d_t\,\xi^{\lambda}\, d_t\,\overset{*}{\xi}{}^{\mu}}\, dt\ .$$

E essas condições [1] são

$$9)\qquad \begin{aligned} &\left(d_t\,\xi^{\beta}\, d_t^{2}\,\xi^{\alpha} - d_t\,\xi^{\alpha}\, d_t^{2}\,\xi^{\beta}\right) + \\ &+ \left(\Gamma^{\alpha}_{\upsilon\mu}\, d_t\,\xi^{\beta} - \Gamma^{\beta}_{\upsilon\mu}\, d_t\,\xi^{\alpha}\right) d_t\,\xi^{\upsilon}\, d_t\,\overset{*}{\xi}{}^{\mu} + \\ &+ 2\, a_{\mu\overset{*}{k}}\, S^{\cdot\cdot\overset{*}{k}}_{\overset{*}{\upsilon}\lambda}\left(a^{\overset{*}{\lambda}\alpha}\, d_t\,\xi^{\beta} - a^{\overset{*}{\lambda}\beta}\, d_t\,\xi^{\alpha}\right) d_t\,\xi^{\upsilon}\, d_t\,\xi^{\mu} = 0 \end{aligned}$$

(e as suas conjugadas), sendo

$$S^{\cdot\cdot\upsilon}_{\lambda\mu} = \frac{1}{2}\left(\Gamma^{\upsilon}_{\lambda\mu} - \Gamma^{\upsilon}_{\mu\lambda}\right) = \Gamma^{\upsilon}_{[\lambda\mu]}$$

[1] Vide *Eisenhart*, log. citado, pág. 131.

(e suas conjugadas) as componentes do tensor de *torsão*.

Consideremos agora outro espaço unitário K'_n, representado pelas mesmas variáveis ξ^λ, e tal que ao ponto $P(\xi^\lambda)$ de K_n corresponde o ponto $P'(\xi^\lambda)$ de K'_n.

Suponhamos que são $\overline{\Gamma}^\lambda_{\alpha\beta}$ os parâmetros de transporte de K'_n, $\bar{a}_{\lambda\mu}^{*}$ as componentes do seu tensor hermítico fundamental, e $\overline{S}^\upsilon_{\lambda\mu}$ as do seu tensor de torsão.

É claro que se as geodésicas de K_n correspondem às de K'_n, as equações

$$9') \qquad \left(d_t \xi^\beta \, d_t^2 \xi^\alpha - d_t \xi^\alpha \, d_t^2 \xi^\beta\right) + \left(\overline{\Gamma}^\alpha_{\upsilon\mu} \, d_t \xi^\beta - \overline{\Gamma}^\beta_{\upsilon\mu} \, d_t \xi^\alpha\right) d_t \xi^\upsilon \, d_t \overset{*}{\xi}{}^\mu + 2 \, \bar{a}_{\mu k}^{*} \, \overline{S}^{\cdot\, k}_{\upsilon\lambda}{}^{*} \left(\bar{a}^{\lambda\alpha} \, d_t \xi^\beta - \bar{a}^{\lambda\beta} \, d_t \xi^\alpha\right) d_t \overset{*}{\xi}{}^\upsilon \, d_t \xi^\mu = 0$$

(e suas conjugadas)

que resultam de 9) trocando

$$a^{\lambda\mu} \text{ por } \bar{a}^{\lambda\mu}, \ \Gamma^\alpha_{\upsilon\mu} \text{ por } \overline{\Gamma}^\alpha_{\upsilon\mu} \text{ e } S^\upsilon_{\lambda\mu} \text{ por } \overline{S}^\upsilon_{\lambda\mu}$$

têm as mesmas soluções $\xi^\lambda(t)$ das equações 9).

O problema da correspondência das geodésicas de K_n e K'_n reduz-se, portanto, ao da identificação dos sistemas 9) e 9').

6) O professor N. Coburn demonstrou os dois seguintes teoremas (lugar citado, pg. 908):

I) *A condição necessária e suficiente, para que dois espaços unitários K_n e K'_n sem torsão (ou simétricos) tenham as suas geodésicas em correspondência, é que exista um vector (p_v) tal que*

$$\overline{\Gamma}^\alpha_{\upsilon\mu} = \Gamma^\alpha_{\upsilon\mu} + 2 \, p_{(\upsilon} A^\alpha_{\mu)} \ (^1).$$

(1) Como se sabe, um espaço é simétrico quando o tensor de torsão $\left(S^{\cdot\cdot\lambda}_{\nu\mu}\right)$ for nulo.

Usamos, como é corrente, as notações

$$A_{(\alpha\beta)} = \frac{1}{2}\left(A_{\alpha\beta} + A_{\beta\alpha}\right) \text{ e}$$

$$A_{[\alpha\beta]} = \frac{1}{2}\left(A_{\alpha\beta} - A_{\beta\alpha}\right).$$

Portanto,

$$2 \, p_{(\upsilon} A^\alpha_{\mu)} = p_\upsilon A^\alpha_\mu + p_\mu A^\alpha_\upsilon .$$

II) *Dois espaços unitários K_n e K'_n, um com torsão e outro sem ela, nunca podem ter as suas geodésicas em correspondência.*

7) Vamos generalizar o teorema I) do prof. Coburn.

Sejam K_n e K'_n dois espaços unitários, *ambos com torsão,* e em correspondência pontual, como se estabeleceu no parágrafo anterior.

Sendo $\Gamma^\alpha_{\upsilon\mu}$ e $\overline{\Gamma}^\alpha_{\upsilon\mu}$ os parâmetros de transporte dos dois espaços será, em geral,

$$10) \qquad \overline{\Gamma}^\alpha_{\upsilon\mu} = \Gamma^\alpha_{\upsilon\mu} + A^{\cdot\cdot\alpha}_{\upsilon\mu}$$

onde $\left(A^{\cdot\cdot\alpha}_{\upsilon\mu}\right)$ é um tensor que nós precisamos determinar de modo tal que as geodésicas dos dois espaços se correspondam; isto é, de modo tal que os sistemas 9) e 9') tenham a mesma solução nas funções $\xi^\alpha(t)$.

Subtraindo as equações 9) e 9'), vem, atendendo a 10), e por ser

$$\begin{cases} d_t \xi^\beta = A^\beta_\gamma \, d_t \xi^\gamma \\ d_t \xi^\alpha = A^\alpha_\gamma \, d_t \xi^\gamma , \end{cases}$$

$$11) \quad \left(A^{\cdot\cdot\alpha}_{\upsilon\mu} A^\beta_\gamma - A^{\cdot\cdot\beta}_{\upsilon\mu} A^\alpha_\gamma\right) d_t \xi^\gamma \, d_t \xi^\upsilon \, d_t \xi^\mu + \left[2 \, \bar{a}_{\mu k}^{*} \, \overline{S}^{\cdot\cdot k}_{\upsilon\lambda}{}^{*} \left(\bar{a}^{\lambda\alpha} A^\beta_\gamma - \bar{a}^{\lambda\beta} A^\alpha_\gamma\right) - 2 \, a_{\mu k}^{*} \, S^{\cdot\cdot k}_{\upsilon\lambda}{}^{*} \left(a^{\lambda\alpha} A^\beta_\gamma - a^{\lambda\beta} A^\alpha_\gamma\right)\right] d_t \xi^\gamma \, d_t \overset{*}{\xi}{}^\upsilon \, d_t \xi^\mu = 0.$$

(E as equações conjugadas).

No primeiro termo de 11) entra o produto $d_t \xi^\gamma \, d_t \xi^\upsilon \, d_t \xi^\mu$; no segundo termo o produto $d_t \xi^\gamma \, d_t \overset{*}{\xi}{}^\upsilon \, d_t \xi^k$, que resulta do primeiro substituído $d_t \xi^\upsilon$ pelo conjugado $d_t \overset{*}{\xi}{}^\upsilon$.

Como as equações 11) hão de ser satisfeitas por valores arbitrários dos $d_t \xi^\alpha$, $d_t \overset{*}{\xi}{}^\upsilon$, substituamos, uma primeira vez, o vector

$(d_t\,\xi^\alpha,\ d_t\,\overset{*}{\xi}{}^\alpha)$ por um vector de componentes *reais* arbitrárias

$$\begin{cases} a,\ b,\ c\ldots\ (\text{para } d_t\,\xi^\alpha) \\ a,\ b,\ c\ldots\ (\text{para } d_t\,\overset{*}{\xi}{}^\alpha). \end{cases}$$

Obtemos uma equação da forma

$$12)\qquad M+N=0\,.$$

Substituamos, uma segunda vez, o vector $(d_t\,\xi^\alpha,\ d_t\,\overset{*}{\xi}{}^\alpha)$ por um vector de componentes arbitrárias *puramente imaginárias*

$$\begin{cases} ia,\ ib,\ ic\ldots\ (\text{para } d_t\,\xi^\alpha) \\ -ia,\ -ib,\ -ic\ldots\ (\text{para } d_t\,\overset{*}{\xi}{}^\alpha)\,. \end{cases}$$

Obtemos uma equação de forma

$$12')\qquad -i\,M+i\,N=0$$

ou

$$12')\qquad -M+N=0\,.$$

De 12) e 12') resulta

$$M=0\qquad N=0\,.$$

Isto é, o sistema 11) decompõe-se nos dois sistemas

$$13)\quad \left(A_{\upsilon\,\mu}^{\cdot\cdot\alpha}\,A_{\gamma}^{\beta}-A_{\upsilon\,\mu}^{\cdot\cdot\beta}\,A_{\gamma}^{\alpha}\right)d_t\,\xi^\gamma\,d_t\,\xi^\upsilon\,d_t\,\xi^\mu=0$$

e

$$13')\quad \Big[\bar{a}_{\mu\overset{*}{k}}\,\overset{*}{\bar{S}}{}_{\underset{\upsilon}{*}\underset{\lambda}{*}}^{\cdot\cdot\overset{*}{k}}\left(\overset{*}{\bar{a}}{}^{\lambda\alpha}\,A_{\gamma}^{\beta}-\overset{*}{\bar{a}}{}^{\lambda\beta}\,A_{\gamma}^{\alpha}\right)-$$

$$-a_{\mu\overset{*}{k}}\,\overset{*}{S}{}_{\underset{\upsilon}{*}\underset{\lambda}{*}}^{\cdot\cdot\overset{*}{k}}\left(\overset{*}{a}{}^{\lambda\alpha}\,A_{\gamma}^{\beta}-\overset{*}{a}{}^{\lambda\beta}\,A_{\gamma}^{\alpha}\right)\Big]d_t\,\xi^\gamma\,d_t\,\overset{*}{\xi}{}^\upsilon\,d_t\,\xi^\mu=0.$$

(E as equações conjugadas).

8) Analisemos, em primeiro lugar, as equações 13), efectuando um raciocínio semelhante ao do Prof. N. Coburn [1].

Como as equações 13) hão de ser satisfeitas por valores arbitrários de $d_t\,\xi^\alpha$, em cada ponto $P(\xi^\alpha)$ de K_n e $P'(\xi^\alpha)$ de K'_n, e como, em cada termo de 13), os factores $d_t\,\xi^\alpha$ são *três* (portanto, em número ímpar), a parte simétrica dos coeficientes *há-de ser nula;* isto é

$$14)\qquad A_{(\nu\,\mu}^{\cdot\cdot\alpha}\,A_{\gamma)}^{\beta}-A_{(\nu\,\mu}^{\cdot\cdot\beta}\,A_{\gamma)}^{\alpha}=0\,.$$

Com efeito, mudando em qualquer equação 13) os sinais de $d_t\,\xi^\gamma$, $d_t\,\xi^\nu$, $d_t\,\xi^\mu$, e subtraindo as duas equações, resulta uma equação 14).

A equação 14) pode escrever-se

$$14')\qquad A_{(\upsilon\,\mu)}^{\cdot\cdot\alpha}\,A_{\gamma}^{\beta}+A_{(\mu\,\gamma)}^{\cdot\cdot\alpha}\,A_{\upsilon}^{\beta}+A_{(\upsilon\,\gamma)}^{\cdot\cdot\alpha}\,A_{\mu}^{\beta}=$$

$$=A_{(\upsilon\,\mu)}^{\cdot\cdot\beta}\,A_{\gamma}^{\alpha}+A_{(\mu\,\gamma)}^{\cdot\cdot\beta}\,A_{\upsilon}^{\alpha}+A_{(\upsilon\,\gamma)}^{\cdot\cdot\beta}\,A_{\mu}^{\alpha}\,.$$

Contraindo os índices μ, α em 14') e fazendo

$$\begin{cases} A_{\upsilon\,\alpha}^{\cdot\cdot\alpha}=(n+1)\,p_\upsilon \\ A_{\alpha\,\upsilon}^{\cdot\cdot\alpha}=(n+1)\,q_\upsilon \end{cases}$$

resulta

$$15)\qquad A_{\upsilon\,\gamma}^{\cdot\cdot\beta}=2\,r_{(\upsilon}\,A_{\gamma)}^{\beta}$$

(e suas conjugadas),

sendo

$$2\,r_\upsilon=p_\upsilon+q_\upsilon\,.$$

Isto é,

$$16)\qquad \bar{\Gamma}_{\upsilon\mu}^{\alpha}=\Gamma_{\upsilon\mu}^{\alpha}+2\,r_{(\upsilon}\,A_{\mu)}^{\alpha},$$

como no *teorema I* de N. Coburn Inversamente, de 15) resulta 13).

Mas, por definição, os tensores de torsão de K_n e K'_n, são

$$\begin{cases} S_{\upsilon\mu}^{\cdot\cdot\alpha}=\dfrac{1}{2}\left(\Gamma_{\upsilon\mu}^{\alpha}-\Gamma_{\mu\upsilon}^{\alpha}\right)\text{ e} \\ \bar{S}_{\upsilon\mu}^{\cdot\cdot\alpha}=\dfrac{1}{2}\left(\bar{\Gamma}_{\upsilon\mu}^{\alpha}-\bar{\Gamma}_{\mu\upsilon}^{\alpha}\right). \end{cases}$$

E, como $2\,r_{(\upsilon}A_{\mu)}^{\alpha}=2\,r_{(\mu}A_{\upsilon)}^{\alpha}$, de 16) resulta

$$17)\qquad \bar{S}_{\upsilon\mu}^{\cdot\cdot\alpha}=S_{\upsilon\mu}^{\alpha}\,.$$

Isto é, *a verificação das equações 16) implica a igualdade dos tensores de torsão.*

(1) Lugar citado, pg. 908.

E por isso, se ambos os espaços têm torsão nula (verificando-se, portanto, as equações 17), as equações 16) são necessárias e suficientes para que as geodésicas se correspondam (visto que as equações 13) não existem).

E esse é o teorema I de N. Coburn.

De 17) resulta também o *teorema II* de N. Coburn: Se um dos espaços tem torsão e o outro não tem, não pode haver correspondência das geodésicas.

Dispensa-se, portanto, a extensa demonstração que o prof. Coburn faz do *teorema II*.(1)

Às equações 16) pode dar-se outra forma, por intermédio dos tensores fundamentais

$$\left(a_{\lambda\overset{*}{\beta}}\right) \text{ e } \left(\bar{a}_{\lambda\overset{*}{\beta}}\right).$$

Com efeito, das equações 6) resulta (2)

$$18)\quad \begin{cases} \partial_\upsilon a_{\lambda\overset{*}{\beta}} - \Gamma^{\rho}_{\upsilon\lambda}\, a_{\rho\overset{*}{\beta}} = 0 \\ \partial^*_\upsilon\, a_{\lambda\overset{*}{\beta}} - \Gamma^{\overset{*}{\rho}}_{\overset{*}{\upsilon}\overset{*}{\beta}}\, a_{\lambda\overset{*}{\rho}} = 0 \end{cases}$$

(e equações conjugadas).

Ou,

$$18')\quad \begin{cases} \left(\partial_\upsilon a_{\lambda\overset{*}{\beta}}\right) a^{\overset{*}{\beta}k} = \Gamma^{k}_{\upsilon\lambda} \\ \left(\partial^*_\upsilon a_{\lambda\overset{*}{\beta}}\right) a^{\lambda\overset{*}{k}} = \Gamma^{\overset{*}{k}}_{\overset{*}{\upsilon}\overset{*}{\beta}} \end{cases}$$

visto ser

$$\begin{cases} a_{\rho\overset{*}{\beta}}\, a^{\overset{*}{\beta}k} = A^{k}_{\rho} \\ a_{\lambda\overset{*}{\rho}}\, a^{\lambda\overset{*}{k}} = A^{\overset{*}{k}}_{\overset{*}{\rho}} \end{cases}$$

Portanto, as equações 16) podem escrever-se sob a forma

$$16')\quad \left(\partial\, \bar{a}_{\lambda\overset{*}{\beta}}\right) \bar{a}^{\overset{*}{\beta}k} - \left(\partial_\upsilon a_{\lambda\overset{*}{\beta}}\right) a^{\overset{*}{\beta}k} = 2\, r_{(\upsilon}\, A^{k}_{\lambda)}$$

(e equações conjugadas),

9) Analisemos agora as equações 13').

Por contracção

$$19)\quad \begin{cases} a_{\mu\overset{*}{k}}\, S_{\overset{*}{\upsilon}\overset{*}{\lambda}}^{\cdot\cdot\overset{*}{k}}\, a^{\overset{*}{\lambda}\alpha} = S_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha\cdot} \\ \bar{a}_{\mu\overset{*}{k}}\, \bar{S}_{\overset{*}{\upsilon}\overset{*}{\lambda}}^{\cdot\cdot\overset{*}{k}}\, \bar{a}^{\overset{*}{\lambda}\alpha} = \bar{S}_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha\cdot} \end{cases},$$

e as equações 13') podem escrever-se

$$13'')\quad \left(\bar{S}_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha\cdot}\, A^{\beta}_{\gamma} - \bar{S}_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\beta}\, A^{\alpha}_{\gamma}\right) d_t\xi^{\gamma}\,.\, d_t\overset{*}{\xi}{}^{\upsilon}\,.\, d_t\xi^{\mu} =$$

$$= \left(S_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha}\, A^{\beta}_{\gamma} - S_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\beta}\, A^{\alpha}_{\gamma}\right) d_t\xi^{\gamma}\,.\, d_t\overset{*}{\xi}{}^{\upsilon} d_t\xi^{\mu}\,.$$

Ou ainda, fazendo

$$\begin{cases} \bar{S}_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha} - S_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha} = B^{\alpha}_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu} \\ \bar{S}_{\overset{*}{\upsilon}\mu}^{\cdot\beta} - S_{\overset{*}{\upsilon}\mu}^{\cdot\beta} = B^{\beta}_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu} \end{cases}$$

$$13^{k\prime})\quad \left(B^{\alpha}_{\overset{*}{\upsilon}\mu}\, A^{\beta}_{\gamma} - B^{\beta}_{\overset{*}{\upsilon}\mu}\, A^{\alpha}_{\gamma}\right) d_t\xi^{\gamma} d_t\overset{*}{\xi}{}^{\upsilon}\, d_t\xi^{\mu} = 0.$$

Estas equações são análogas às equações 13); substituindo $A_{\upsilon\mu}^{\cdot\cdot\alpha}$ por $B^{\alpha}_{\overset{*}{\upsilon}\mu}$ identificam-se). Portanto, uma análise semelhante à do parágrafo 8) conduzir-nos-á a uma solução da forma

$$19)\qquad B_{\overset{*}{\upsilon}\cdot\mu}^{\cdot\alpha} = 2\, s_{(\upsilon}\, A^{\alpha}_{\mu)}$$

análogo a 15).

Mas, atendendo a que, verificadas as equações 16), os dois tensores de torsão serão iguais, resulta,

$$B_{\overset{*}{\upsilon}\mu}^{\cdot\alpha} = S_{\overset{*}{\upsilon}\overset{*}{\lambda}}^{\cdot\cdot\overset{*}{k}} \left(\bar{a}_{\mu\overset{*}{k}}\, \bar{a}^{\overset{*}{\lambda}\alpha} - a_{\mu\overset{*}{k}}\, a^{\overset{*}{\lambda}\alpha}\right),$$

em virtude de 19).

Portanto

$$20)\quad S_{\overset{*}{\upsilon}\overset{*}{\lambda}}^{\cdot\overset{*}{k}} \left(\bar{a}_{\mu\overset{*}{k}}\, \bar{a}^{\overset{*}{\lambda}\alpha} - a_{\mu\overset{*}{k}}\, a^{\overset{*}{\lambda}\alpha}\right) = 2\, s_{(\lambda}\, A^{\alpha}_{\mu)}$$

(e equações conjugadas)

Podemos então, atendendo a 16) e 20) (ou a 16') e 20')) enunciar o seguinte:

Teorema — Dados dois espaços unitários K_n e K'_n, se existir um vector (r_υ) satisfazendo às equações 16) ou 16'), esses espaços têm o mesmo tensor de torsão $\left(S_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\upsilon}\right)$. Se esse tensor satisfizer às equações 20), com um determinado vector (s_υ), os dois espaços têm geodésicas correspondentes.

Nas equações 16') e 20) figuram os dois tensores fundamentais $(a_{\lambda\overset{*}{\mu}})$ e $(\bar{a}_{\lambda\overset{*}{\mu}})$, o tensor comum de torsão e os dois vectores (r_υ) e (s_υ).

(1) Lugar citado, pg. 909.

(2) Schouten e Struik — lg. citado, pg. 234.

OS ULTRA-SONS NA TÉCNICA METALÚRGICA

POR AGOSTINHO BARGONE
Prof. do I. S. T.

C. D. 669.534.321.9

SUMÁRIO:

Depois de breves generalidades sobre os ultra-sons, seus efeitos e aparelhagens usadas para a produção de ondas elásticas de alta frequência, descreve-se quais as aplicações, que já pertencem ao domínio da técnica metalúrgica e quais as que — assim permitem prever as experiências laboratoriais — o serão num futuro próximo.

1) *generalidades sobre os ultra-sons* — Dá-se o nome de ultra-sons às vibrações elásticas produzidas pelas ondas cuja frequência está acima do limite máximo de percepção do nosso ouvido, o qual, como é conhecido, percebe apenas, como sons, as vibrações produzidas por ondas elásticas cuja frequência não seja inferior a 16 ÷ 20 Hz (infra-sons), nem superior a 20 ÷ 22 KHz.

As primeiras aplicações práticas dos ultra-sons devem-se a Langevin e Chilowsky que obtiveram em 1918 uma patente francesa para um sistema submarino de sinalização aplicável à localização de submersíveis. Seguiram-se as pesquisas de Boyle no campo da física (1922-1926) e de Wood e Losmis no da biologia (1927). Desde então, as pesquisas multiplicaram-se ràpidamente nos campos mais diversos, desde a química à química-física, da farmacologia à medicina, da técnica das construções à metalurgia. Por meio dos ultra-sons foi possível, com efeito, preparar novas soluções coloidais e, em certo sentido, também alguns tipos de ligas, cuja realização não teria sido possível com meios normais, interferir na velocidade das reacções químicas, acelerando-as ou retardando-as, fraccionar macromoléculas em moléculas normais, substituir pela acção de ondas ultra-sonoras a de substâncias catalizadoras, baixar o ponto de ebulição de líquidos, passar ao estado estável sistemas meta-estáveis em condições normais.

A razão de todas estas interessantes aplicações práticas tem que procurar-se numa base conceitual comum que reside na particular forma de energia oscilante que lhe é própria.

Com efeito, a definição já dada para os ultra-sons, baseada no limite de sensibilidade do ouvido humano, mostra-se muito útil na prática mas, bem entendido, não estabelece qualquer discontinuidade entre as propriedades das vibrações elásticas audíveis e as que são produzidas pelos ultra-sons.

O grande interesse que estes últimos apresentam é devido à modificação profunda, mas progressiva, que o aumento do parâmetro «frequência» introduz nas leis gerais das propagações.

Como é sabido, o coeficiente de absorpção de um trem de ondas elásticas é proporcional no quadrado da frequência; poder-se-á então observar que existe um limite superior de frequência além do qual a energia emitida é ràpidamente absorvida pelo meio e a onda sonora não se propaga suficientemente; este limite, que para a água está calculado em 5 km, para a frequência da ordem de 100 KHz, reduz-se, por exemplo, a um valor mil vezes inferior se o meio transmissor é o ar.

Outra das suas características é a de se propagar direccionalmente; é conhecido, com efeito, que Lord Rayleigh demonstrou que a energia sonora emitida por uma fonte sonora se concentra em uma determinada direcção, sempre que as dimensões da fonte sejam grandes em relação ao comprimento de onda do som emitido; em caso contrário obtém-se um fenómeno de difracção e a energia dispersa-se em todas as direcções; ora

no caso dos ultra-sons, dada a relação existente entre as dimensões da fonte sonora e o comprimento da onda emitida, pode-se calcular que mais de 90 % da energia emitida se concentra em um cone cujo ângulo ao vértice é 2α (sendo $\alpha = 1{,}2 \frac{\lambda}{d}$) e que tal característica interessa não só na transmissão mas também na recepção; estas propriedades são empregadas não só na exploração do fundo submarino, mas também, como se verá mais pormenorizadamente, na análise não destrutiva dos materiais metálicos.

Com efeito muitos dos fenómenos por eles produzidos devem relacionar-se com as quantidades de energia que pode ser posta em jogo pelos ultra-sons.

É sabido que a intensidade de um trem ondas elásticas é proporcional ao quadrado da frequência, ao quadrado da amplitude e à resistência acústica do meio, segundo a conhecida relação

$$w = \frac{1}{2} \omega^2 A^2 V \rho$$

na qual ω indica a pulsação ($2\pi f$), A a amplitude de onda, V a velocidade e ρ a densidade do meio. Resulta então que, em igualdade de amplitude, a intensidade cresce com o quadrado da frequência, isto é, por exemplo, uma vibração de 10^3 KHz transmite ao meio uma energia 10^6 vezes superior àquela que seria transmitida por uma fonte acústica de 1 KHz; é a esta lei que se devem algumas características dos ultra-sons.

Além da intensidade, no caso de ondas elásticas de frequência elevada, deve ter-se presente uma outra grandeza: — a «pressão de onda» que pode intervir em muitos fenómenos produzidos pelos ultra-sons. Esta pressão surge em presença de um obstáculo e é devida à diferença entre a pressão média, antes e depois, do corpo que se imagina interposto na direção da pressão de onda.

A amplitude de pressão num ponto é dada por

$$P = \pm \rho V \omega A$$

e varia com uma lei igual à do movimento ondulatório, mas com uma antecipação igual a um quarto do comprimento de onda.

A pressão de onda toma então a expressão

$$S = \frac{2\omega}{V}$$

Desta relação resulta que, se nos referir-mos, qor exemplo à transmissão de uma vibração elástica de 40 watt/cm^2, na água ($\rho = 1$; V = 1484m/seg.) obtém-se

$$P = 10{,}6 \text{ atm abs.}$$

Isto significa que à passagem na água de uma onda progressiva, a pressão em cada ponto oscila entre 10 atm. abs. de sobrepressão e 10 atmosferas de tensão, dando portanto lugar a intensos fenómenos de cavitação, isto é, à formacão, no seio do líquido, de espaços vazios animados de movimentos rápidos e irregulares, cujo efeito macroscópico é, para citar-se um, a nebulização rapidíssima do líquido que sai borbulhando, do recipiente que o contém, em menos de um minuto sob forma de aerosol.

Para a pressão de onda obtém-se então

$$S = 5{,}3 \times 10^{-3} \text{ atm. abs.}$$

Aumenta portanto de poucos centímetros de água, mas isto é já muito se se pensa que a amplitude de pressão P, nos sons comuns, atinge apenas alguns milímetros de água. Com efeito, nestes últimos a energia em jogo atinge, no caso, por exemplo, de uma orquestra de uma centena de executantes «ao fortíssimo» um máximo de cerca de 5 watt, enquanto um gerador ultra-sonoro de quartzo pièzoeléctrico de 9 cm. de diâmetro pode chegar a emitir a potência de 1 kw, igual portanto a 200 grandes orquestras sinfónicas.

Deve-se, por outro lado, ter presente que o aumento de frequência, além de certos limites, pode ter como efeito pôr em ressonância os osciladores lineares que constituem a matéria, produzindo deste modo uma activação por assim dizer, «a frio», das moléculas, aplicavel provàvelmente a reacções entre substâncias termolábeis. As

ondas de agitação térmica natural têm com efeito uma frequência que atinge 10^9 KHz, enquanto a frequência mais alta atingida pelos ultra-sons é de 10^8 KHz.

Pode, portanto, já pensar-se em um efeito modulante dos ultra-sons sobre as ondas térmicas. Isto, que já teve confirmação nas experiências sobre os gases e sobre alguns líquidos, poderia explicar o abaixamento do ponto de fusão de alguns metais, verificado por Sokoloff, o qual trabalhava com frequência de onda da ordem das centenas de milhares de KHz.

2) *Geradores de ultra-sons* — Não considerando o diapasão e as placas vibrantes, que não encontraram qualquer aplicação prática, pela exígua quantidade de energia posta em jogo e os geradores de faísca ou de arco eléctrico, também de quase nenhuma praticidade, os geradores de ultra-sons podem subdividir-se em três categorias: — mecânicos, magneto-extricionais e de quartzo piezo-eléctrico.

Entre os primeiros, recordaremos o aparelho de Galton e o gerador de Holtzmann. O primeiro, usado especialmente nos ensaios sobre gases e nas investigações fisiológicas, pela sua facilidade de manipulação e pela constância da frequência atingível com controle cuidado da pressão do ar soprado, é constituído por um pequeno tubo CD aberto de um lado e tapado do outro com um êmbolo móvel. De B sai nm jacto de ar que encontrando o lábio C do tubo CD põe em vibração o ar que este contém (cf. fig. 1).

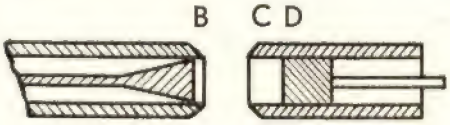


Fig. 1

Se a coluna de ar vibrante dentro do tubo tem um comprimento $l = CD$, o som fundamental tem, com boa aproximação, um comprimento de onda $\lambda = 4l$ e portanto uma frequência:

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{4l} = \frac{330.000}{4l}$$

onde l é expresso em cm e f em Hz. Daqui resulta que variando convenientemente o comprimento l se pode obter uma frequência da ordem da dos ultra-sons. Assim, por exemplo, se $l = 0{,}2$ cm, a frequência resulta de 41,25 KHz. Com o aparelho de Galton pode-se chegar a obter uma gama de frequência que pode atingir 100 KHz, como limite superior.

O gerador de Holtzmann (cf. fig. 2), é

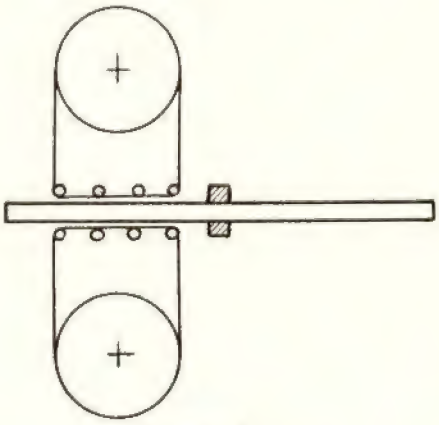


Fig. 2

constituído por uma barreta de vidro ou de metal, friccionada de modo contínuo por duas fitas sem fim de couro macio e guiadas por um sistema de roletes; é fácil demonstrar que se a barreta é fixada pelo meio e tem um comprimento de 1 cm, a frequência que é emitida será dada pela relação:

$$f = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{981 \times 10^3\, E}{\rho}}$$

onde ρ é a densidade da barra em gr./cm^3 e E o seu módulo de elasticidade em kg/mm^2.

Os geradores magneto-extricionais, que juntamente com os de quartzo piezo-eléctrico são os mais usados na prática, baseiam-se sobre o conhecido fenómeno da extrição magnética; é sabido com efeito que os materiais ferro-magnéticos submetidos à acção de um campo magnético crescente em valor absoluto, sofrem uma variação de comprimento na direcção das linhas de força do campo. O fenómeno é reversível e por isso um alongamento (ou uma compressão) provoca o magneto-extrição do

material (fenómeno este bem conhecido por quem tenha assistido à rotura de amostras de material ferro-magnético na prova de tracção). É extremamente elevada a velocidade com a qual a deformação segue a eventual variação da intensidade do campo que a produz (tempo inferior a 10^{-6} seg.). Portanto, completando uma série de ciclos de histerése completos, com o mesmo material, este é solicitado por uma série de alongamentos e contracções em fase com as variações absolutas do campo magnetizante; o material é obrigado a sofrer vibrações forçadas.

Se agora se fizer coincidir a frequência do campo com a frequência própria do material, este entra em ressonância e o efeito é notàvelmente ampliado. Assim, para uma barra fixada a meio comprimento, a frequência de ressonância será dada pela relação

$$f = \frac{V}{2l}\sqrt{\frac{E}{s}}$$

deste modo, escolhida a frequência do campo magnético, pode-se por meio da relação acima, encontrar o comprimento que deve ter a barra do material escolhido, para que esta tenha uma vibração própria com frequência igual à do campo.

O campo magnético variável pode obter-se com toda a facilidade por meio de um solenoide percorrido por uma corrente de alta frequência. A massa vibrante pode ser usada sob forma de barra ou tubo ou ainda (disposição mais oportuna) sob a forma de um grupo de lamelas, nas quais se elimina ao máximo as correntes parasitas.

Com o fim de entrar em ressonância apenas com a nota fundamental, que como é sabido, produz a maior intensidade é preciso ter o cuidado de fixar a barra ou o conjunto de lamelas, de maneira a eliminar todas as harmónicas superiores.

Têm sido concebidos vários tipos de geradores de magneto-extrição segundo o fim a que são destinados; a tendência moderna é de usar o mais possível níquel em folhas muito finas, isoladas elèctricamente, constituindo pacotes prismáticos ou em forma de toro cilíndrico, no caso de se desejar uma emissão espacial.

Pelo qne diz respeito ao circuito eléctrico necessário para criar o campo magnético oscilante, as várias disposições propostas reduzem-se essencialmente ao uso de circuitos oscilantes de válvula (cf.fig. 3); em cada

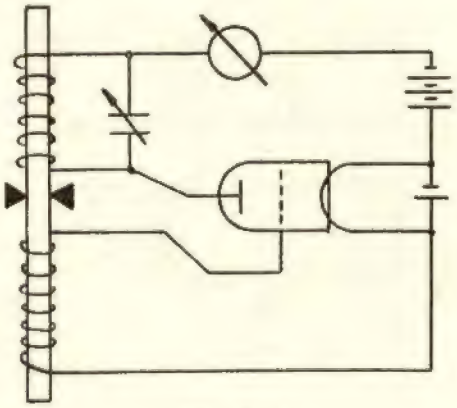


Fig. 3

caso e seja qual for a disposição usada, para obter um maior efeito, a barra deve estar pré-magnetizada usando como corrente de magnetização corrente contínua. Com os geradores de magneto-extrição, consegue-se produzir com disposições especiais, intensidades sonoras até 200 w/cm^2.

A vantagem do método descrito reside na simplicidade e no custo relativamente baixo dos materiais necessários à montagem dos aparelhos, junto à possibilidade de emprego contínuo, mesmo por longo tempo, com frequências não muito elevadas mas pondo em jogo uma elevada energia sonora, sem que se tenha qualquer dano no sistema oscilante. O inconveniente reside no facto de se obter um campo de frequência ultra-sonora muito limitado; visto estar ligado com o comprimento da barra pode-se atingir a frequência máxima de 60 KHz.

Porém, Pierce conseguiu, segmentando a barreta como se mostra na figura 4, atingir cerca de 300 KHz com $l = 9$ cm. Para esta frequência o comprimento de uma barreta ou de um tubo normal deveria ser, para emitir ondas elásticas ultra-sonoras, de pouco mais de 9 mm.

O gerador de quartzo piezo-eléctrico, porém, dada a elevada frequência atingível

e também a notável energia posta em jogo, é o mais usado nas aplicações da técnica.

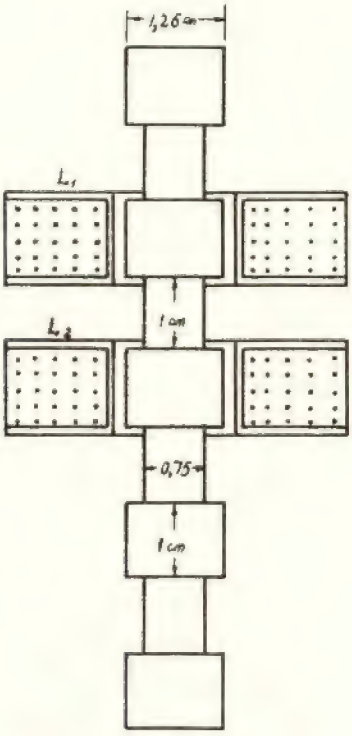


Fig. 4

Como é sabido, este baseia-se no conhecido fenómeno piezo-eléctrico descoberto pelos irmãos Curie. Os cristais naturais de quartzo apresentam-se sob a forma de prismas hexagonais com um certo número de facetas, algumas das quais existem apenas sobre três das suas arestas; deste modo uma faceta de uma aresta não encontra correspondente na aresta oposta. Produzindo sobre uma destas facetas uma compressão aparecem cargas eléctricas positivas na face comprimida do cristal e cargas negativas na face oposta. O fenómeno é também reversível, quer dizer, que pondo uma pequena chapa de quartzo entre duas lâminas de aço e aplicando a esta armadura uma corrente eléctrica alternada, o quartzo vibrará com a frequência do campo eléctrico, transformando as vibrações eléctricas em ondas elásticas de frequência ultra-sonora. É natural que, com o fim de ter em jogo uma tensão relativamente pequena, a frequência da corrente seja igual à frequência de ressonância mecânica da placa de quartzo.

A experiência demonstrou que tal ressonância se verificará para diversas frequências que correspondem às vibrações da placa segundo a direcção dos vários eixos. A relação que liga a frequência de ressonância f às dimensões do quartzo na direcção considerada é aproximadamente

$$f = \frac{k}{d}$$

onde k é uma constante que no caso particular das vibrações segundo a espessura, pode ser considerada igual a 287×10^3, sendo f expresso em Hz e d em cm.

Na figura 5 está referido o esquema de

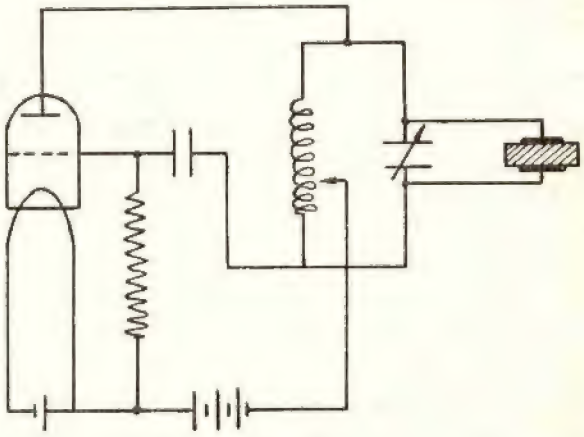


Fig. 5

um gerador de ultra-sons de quartzo piezo-eléctrico; com este tipo de gerador pode-se atingir frequências de $10^5 \times 5$ KHz, com intensidades que podem atingir valores superiores a 1 kw/cm^2.

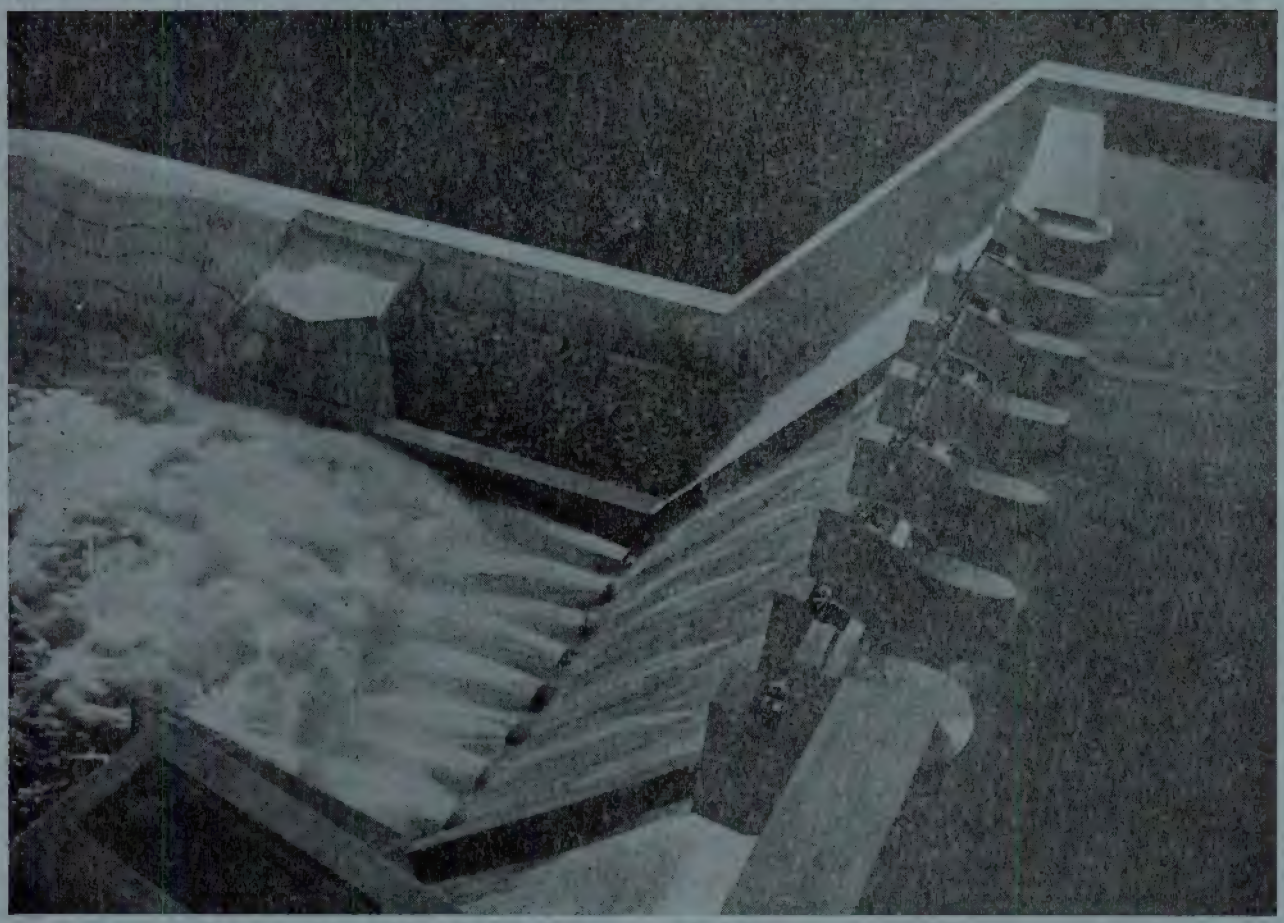
(Continua)

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE

GRENOBLE

HIDRÁULICA FLUVIAL E MARÍTIMA — QUEDAS DE ÁGUA

Determinação económica das obras — Desassoreamentos
Aproveitamento dos rios — Eclusas
Utilização da energia das marés
Estudos de portos, de ancoradouros — Docas secas
Protecção do litoral — Estabilidade das praias.



BARRAGEM DE GRANDVAL

Estudo sobre modelo reduzido da dispersão da energia no pé da barragem.
Descarga de uma cheia de 1.900 m/3sec sobre a barragem.

EM PORTUGAL:

LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
NA AMADORA

"NEYRPIC"

R. Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho
AMADORA Telef. VENDA NOVA 48

ACABA DE APARECER

FORMULÁRIO
DE
MATEMÁTICAS GERAIS

Pelos Eng.^{os} *Fernando Jácome de Castro*
Afonso Rodrigues J. Fernandes

Livro de grande utilidade para técnicos, matemáticos e estudantes

contendo

MATEMÁTICAS ELEMENTARES
GEOMETRIA ELEMENTAR
TRIGONOMETRIA PLANA
ELEMENTOS DE ANÁLISE E ÁLGEBRA SUPERIOR
GEOMETRIA ANALÍTICA
GEOMETRIA NO ESPAÇO
RESOLUÇÃO GRÁFICA DE EQUAÇÕES

Preço 60$00

(Desconto de 10 % aos nossos assinantes)

EDIÇÃO DA TÉCNICA

O problema siderúrgico nacional
Uma realização em marcha

PELO ENG.º ADRIANO RODRIGUES
Professor da Faculdade de Engenharia do Porto

C. D. 669.1 (469)

Tese apresentada ao 2.º Congresso Nacional de Engenharia

O estabelecimento da indústria do ferro em Portugal deve ser saudado por todo o bom português como uma das fontes mais valiosas da verdadeira prosperidade pública.

GENERAL CARLOS RIBEIRO
(Palavras escritas pelo eminente geólogo e engenheiro em 1858).

O ferro é o pão da indústria.
(«Lineamenti della politica autarchica»).

I

Breve notícia sobre o progresso da siderurgia mundial

O desenvolvimento da indústria siderúrgica, base de toda a metalurgia, prossegue a sua incessante marcha ascensional, em todo o mundo, tanto nos grandes países ferreiros, como em nações que passaram a tornar-se ferreiras, por verem nela a garantia da sua independência.

Citaremos alguns exemplos.

Comecemos pela nossa vizinha Espanha.

O ressurgimento espanhol, posterior à guerra civil, no domínio siderúrgico ([1]), verifica-se pelos seguintes números relativos à produção anual de guza:

1938	— 436.417	toneladas
1939	— 452.812	»
1940	— 580.316	»
1943	— 681.106	»

Porém, em 1943, desceu para 493.456, devido a dificuldades de abastecimento causadas pela guerra.

Em 1946 a siderurgia espanhola contava 18 altos fornos com uma capacidade teórica de um milhão de toneladas, não contando com 8 a carvão de lenha, susceptíveis de dar 50.000 toneladas.

A produção de aço que em 1946 atingiu 575.362 toneladas, tinha já em 1940 atingido 699.194 toneladas. A falta de carvão e sucata explica a diminuição.

Em 1946 possuía a Espanha 75 fornos de aço, 3 convertidores e os trens de laminagens correspondentes.

A produção de laminados, que em 1929 chegara a 753.448 toneladas, e se reduzira a 136.149 toneladas em 1937, já em 1940 voltou a ser de 592.349 toneladas, descendo depois, para atingir 343.258 toneladas em 1946. Em compensação, progrediu-se extraordinàriamente na produção de aços especiais de todas as classes.

Nas suas instalações siderúrgicas passou uma larga aragem de renovação e reconstrução, erigindo-se novos altos fornos, e reconstruindo-se e reparando-se outros em vários pontos do território

Tudo leva a crer que, resolvida a crise

([1]) «Estadística Minera y Metalúrgica de España». Madrid, 1947.

actual, a produção siderúrgica de Espanha fará nova escalada, no seu progresso. Na Inglaterra, e em face de novos projectos, a capacidade dos altos fornos passará de 7.320.000 toneladas para 9.100.000 toneladas, e a dos fornos de fabrico do aço passará de 14.100.000 toneladas a 15.950.000 toneladas [1].

Note-se que a produção média nos anos de 1936-1938 fora de 11.722.100 toneladas.

O último projecto quinquenal relativo à indústria do aço, importará num dispêndio de 200 milhões de libras, elevando a produção anual a 16 milhões de toneladas.

Do novo plano siderúrgico faz parte a construção de 24 novos altos fornos, de grandes dimensões e a demolição de 43 antigos fornos. Além de outros melhoramentos, a produção de guza subirá 30°/₀ com 5°/₀ de aumento apenas do respectivo gasto de carvão.

Na Suécia o respectivo parlamento votou em 1946 uma verba de 100,5 milhões de Coroas (603.000.000$ escudos) para ampliar as fundições de aço que o Estado possui em Luleã, no norte do País.

Construir-se-ão duas novas fábricas laminadoras com a capacidade de 300.000 toneladas e as fundições aumentarão a sua produção até àquela quantidade. A secção Thomas será provida de um 3.º convertidor e prevê-se a instalação de mais 2 fornos eléctricos para o aço. Tudo deverá estar em marcha em 1949.

Na Noruega, à data da eclosão da recente guerra, ia ser instalada uma fábrica siderúrgica completa, compreendendo 4 altos fornos eléctricos Tysland-Hole de 12.000 Kwa, uma aciaria (Bessemer e eléctrica) e trens laminadores podendo produzir anualmente 110.000 toneladas de laminados. O orçamento respectivo era de 32 milhões de coroas.

A Suíça, que sempre tem mantido, com escassos minérios, uma siderurgia modesta, a par de uma indústria metalo-mecânica notável, inaugurou em Outubro de 1943 a sua nova fábrica de guza eléctrica em Choindez, com uma produção de 50 toneladas por dia. A última campanha atingiu 110 toneladas diárias de guza e escória [1].

A Finlândia, com pirites ustuladas, alimenta um novo Forno Eléctrico de 12.000 Kwa.

A Jugoslávia propunha-se no início da última guerra desenvolver as suas aciarias de Zénica, concluídas em 1937, o que lhe permitirá produzir anualmente 200.000 toneladas de barras, perfilados e chapas e outros produtos.

Passemos agora ao continente americano.

Durante a segunda Grande Guerra construiram-se nos Estados Unidos da América algumas fábricas siderúrgicas, entre as quais a de Génova (Utah) com uma capacidade de 1.100.000 toneladas, e a de Fontana (Califórnia) com uma capacidade de 540.000 toneladas de lingotes.

A produção total anual deve atingir em breve o maior desenvolvimento da sua história, pois no final do ano passado já produzia 38°/₀ mais de aço do que anteriormente à Guerra. O valor da produção actual dos Estados Unidos é já superior a metade do valor da produção mundial.

Quanto ao Brasil, é conhecida de todos a construção da grande Usina de Volta Redonda, no Vale do Rio Paraíba, começada a construir em 1942, com um orçamento de 45 milhões de dólares, uma produção inicial de 300.000 toneladas, e já em marcha.

Embora localizada em péssimas condições sob o ponto de vista dos transportes das matérias primas do leito de fusão, ela representa, juntamente com as notáveis obras levadas a cabo para a exploração e transporte do minério de Itabira (um dos maiores jazigos de ferro do mundo), um testemunho claro da vibração e anseio industriais que agitam a vasta e juvenil nação sul-americana.

Em 1945 o Brasil possuía já 30 altos fornos em actividade a carvão de lenha, com uma produção global de 449.750 toneladas.

---

(1) Notícias da Imprensa dão já nesta data um ritmo de produção que corresponderá no ano corrente ao valor global de 15.200.000 toneladas.

(1) «Revue de Métallurgie», Setembro-Outubro de 1947.

No entanto outros importantes empreendimentos estão em via de realização, animados pelo capital e técnica dos norte-americanos.

Não oferece dúvida, disse a importante Revista inglesa «Iron and steel», [1] que «no Brasil a produção de ferro e aço se está eficazmente desenvolvendo, e que em vista das grandes reservas de minério útil (é apenas uma questão de tempo) o Brasil se tornará um dos principais fornecedores da América do Sul. E repare-se nisto: — O Brasil, que em 1930 ainda só produzia 20.965 toneladas, em 1939 já atingiu 114 074 toneladas, e em 1940 — 141.000 toneladas.

Mas se no Brasil já há muito tempo há uma indústria siderúrgica, que só agora tende a desenvolver-se prodigiosamente, já o mesmo se não pode dizer da grande Nação Argentina, onde só em Outubro de 1945 iniciou os seus trabalhos, o primeiro alto-forno, montado pela Direccion Generale de Fabricaciones Militares.

Nele se converte em guza o minério da serrania de Zapla, o mais importante dos jazigos ferríferos daquela nação. O estudo geológico do jazigo de Zapla foi feito em 1942. No primeiro semestre de 1945 já estavam pràticamente terminados todos os trabalhos preparatórios para a exploração da mina. Em Março de 1944 começou a montagem da fábrica siderúrgica de Palpalé e, cousa notável, como ritmo de trabalho, em 11 de Outubro de 1945 começou a funcionar ali o primeiro alto-forno argentino! Deu-se, assim, dizem os argentinos, o primeiro passo definitivo em matéria de independência económica.

Actualmente tem a Argentina instalações modernas para o fabrico de ferros e aços, partindo de ferro velho e sucatas, fornos de fundição, convertidores Bessemer, fornos Siemens-Martin e fornos eléctricos, cuja capacidade máxima de produção em 1944 atingia 100.000 toneladas para o ferro fundido e 125.000 toneladas para os aços.

Pelo notável plano quinquenal argentino do Presidente Péron, para 1947-1951, a produção de lingotes de aço ascenderá a 315.000 toneladas.

Em Fevereiro de 1947 foi inaugurada a 1.ª fábrica de metais duros, para produção de aglomerados de carburetos de tungsténio, que só utiliza matérias primas do país.

A Argentina já hoje fabrica máquinas agrícolas e industriais, máquinas ferramentas e motores industriais e de transporte. O «Instituto Nacional de Tecnologia», recentemente criado, desempenha nesta notável e rápida obra papel relevante. Em 1944 foram dados os primeiros passos para o fabrico de guza e cimento Portland em fornos rotativos, segundo processos europeus, para uma capacidade de 300.000 a 500 000 toneladas.

Na América do Sul, há porém, ainda outro país, que merece referência especial: — o Chile.

Em 1939 foi criada a «*Corporacion de Fomento de la Produccion*», tendo por objectivo aumentar a produção do país, a fim de elevar o stardard de vida da população.

Este organismo engloba na sua actividade todas as necessidades da economia: mineração, agricultura, indústrias, energia, combustíveis, comércio e transportes.

Por sua inspiração se instituíu a «Companhia de Acero del Pacífico», que meteu ombros à realização de uma fábrica projectada para uma produção de 200.000 toneladas de lingotes de ferro, que permitirão elaborar 177.000 toneladas de produtos acabados, tais como artigos de fundição de ferro e aço, aço laminado em perfilados e chapas, arame e diversos tipos de ferro-ligas, além duma série de subprodutos de inestimável valor, que serão a base de importantes indústrias derivadas, tais como gás, benzol, alcatrão, óleos, coque de fundição, etc.

Esta fábrica satisfará de início às necessidades mínimas do consumo nacional, mas poderá ser ampliada no futuro de acordo com as exigências e recursos de que se dispuser. A economia de divisas resultante será de $12 milhões, além de se evitarem os graves prejuízos resultantes da falta absoluta de artigos de ferro e aço em épocas

[1] Junho de 1945.

anormais como a da passada Guerra Mundial. ([1]).

Instalada em 1946 a Companhia do Aço do Pacífico, já em Janeiro de 1947 começava a construção da fábrica, a qual avançou ràpidamente, com o auxílio dos mais modernos meios de construção. Nela se inclue, além do alto-forno, de fornos de coque e instalação Bessemer, a laminagem de chapa e folha de Flandres, para a qual se adquiriu já em 1947 uma oficina completa por 5 milhões de dólares à «Worth Steel Company», de Claymont, Delaware, U. S. A. Outro equipamento de natureza electro-siderúrgico incluiu 2 Fornos Eléctricos de 100 toneladas cada, do tipo Tysland-Hole, que serão alimentados com corrente das instalações hidro-eléctricas em construção. Nesta grandiosa obra tomam parte técnicos e capitais norte-americanos.

O que mais fere a nossa atenção nos grandes empreendimentos argentinos e chilenos é a rapidez vertiginosa com que tudo caminha, desde a concepção à construção.

Se da América passarmos agora ao continente africano vamos encontrar também um novo e grandioso empreendimento.

Assim, na imprensa britânica ([2]), vimos a notícia da construção duma barragem através do Zambeze, que está a ser planeada como parte do projecto imperial do aço.

John Brown e Firth Brown, de Sheffield, e os Governos das Duas Rodésias estão interessados num plano para produzir aço ao cromo.

«O Sul da Rodésia pode tornar-se uma das principais fontes de abastecimento mundial de aço de qualidade superior».

Transcrevemos outra passagem importante ([3]):

«Levantam-se hoje as cortinas sobre um «novo e grandioso projecto, ou seja o desen«volvimento do aço na Rodésia. Firmas de «aço britânicas, juntamente com os Gover«nos das Rodésias, tencionam explorar os «vastos recursos minerais da África Central «e estabelecer uma indústria pesada accio«nada pela energia do Zambeze. Os recur«sos africanos estão ainda muito inexplora«dos. Econòmicamente mal pode dizer-se «que a África já nasceu».

Finalmente, passando ainda à Ásia, vimos na China estabelecer-se em 1946 um plano quinquenal para aquisição do equipamento necessário à indústria do aço, na importância de 180 milhões de dólares, com o fim de elevar a produção anual de 25.000 para 900.000 toneladas.

Pelo seu último e grandioso plano decenal, Shian-Kay-Shek espera elevar a produção anual de ferro a 5.560.000 toneladas.

Para terminar esta já longa referência, vamos ainda transcrever da Revista da nossa Ordem ([1]) a seguinte informação em que ainda algo de novo aparece:

«De 1920 a 1940 foram instaladas nume«rosas grandes fábricas siderúrgicas, sendo «de realçar as russas, as de Corby e Scun«thorpe, inglesas, a turca de Karabuk, a «norte-americana de Irwin e as de Ansaldo «e Dalmine, italianas. Além disso houve «remodelação em muitas Companhias side«rúrgicas, na Índia, Japão, Austrália, África «do Sul, Polónia, Espanha e Estados Unidos.

Houve é certo, por motivo da 2.ª Grande Guerra mundial, quebra de produção nalguns países, por ela devastados.

Assim, a França que em 1938 atingira uma produção de 6.186.000 T. de aço, em 1945, ainda estava em 1.587.000 T.

No entanto a França, mercê do esforço hercúleo que tenta levar a cabo na sua reconstrução, é de esperar que em breve espaço de tempo, readquira a sua posição de relevo ao mundo siderúrgico.

A Alemanha que em 1938 produziu 23.330.000 T. de aço, sofreu naturalmente uma quebra formidável, passando para 3 milhões depois da guerra. Aliás, a sua produção, em virtude de entendimento entre os 4 Grandes deve elevar-se anualmente a 11 milhões, não se sabendo, todavia, em face da tensão política internacional actual, aonde poderá chegar o ressurgimento indus-

([1]) «La Nacion», 28 de Abril de 1948.

([2]) «News Chronicle», 25 de Outubro de 1947.

([3]) «Daily Express», 23 de Outubro de 1947.

([1]) «Revista da Ordem dos Engenheiros», Fevereiro de 1946; transcrição da «Engenharia» de S. Paulo, Brasil.

trial alemão, que, de qualquer modo, é inevitável.

Ao concluir esta 1.ª parte deste trabalho, cremos poder afirmar que a siderurgia continua a desenvolver-se por toda a parte, quer em países tradicionalmente ferreiros quer nos que em tal matéria passavam despercebidos.

Tendo sido a produção anual mundial de guza e aço em 1900 respectivamente de cerca de 40 milhões e 28 milhões de toneladas, vemo-la atingir em 1940 respectivamente 102 a 133 milhões de toneladas! Não é fácil calcular qual será o seu valor em 1955.

* * *

Dadas estas ligeiras notas numéricas irei focar o que se tem feito no sentido de solucionar o problema siderúrgico nacional.

A evolução siderúrgica mundial, o afã com que todos procuram por toda a parte fabricar ferro e aço, aproveitando os recursos de que dispõem, cria-nos a nós portugueses, um quadro que se anima de claro optimismo.

II

Trabalhos e estudos recentemente realizados e que interessam à siderurgia nacional

Tratarei neste capítulo, sucessiva e sucintamente, das matérias seguintes:

1. estudos e trabalhos realizados pelo Serviço de Fomento Mineiro, desde a sua criação;
2. actividade do Instituto Português de Combustíveis;
3. relatórios, estudos e referências em livros publicados por técnicos, ou em discursos de entidades oficiais, de 1941 até hoje, por ordem cronológica, sobre o magno problema;
4. projectos e realizações executadas ou em marcha, no mesmo período de tempo, em correlação com a siderurgia;

referência ligeira à indústria metalúrgica e metalomecânica nacional.

1. — O Serviço do Fomento Mineiro.

Depois de se ter pronunciado sobre o assunto, em excelente parecer, a Câmara Corporativa, foi pelo Decreto-Lei n.º 29:724 de 28 de Junho de 1939 instituído o «Serviço do Fomento Mineiro», em Portugal, tendo por fim investigar as existências dos nossos jazigos minerais e facilitar financeiramente aos concessionários as pesquisas nas áreas das suas concessões.

Em 18 de Agosto, e em obediência ao artigo 4.º daquele decreto, foi elaborado o «Plano geral de reconhecimento mineiro do País», o qual, aprovado em sessão do Conselho Superior de Minas e S. Geológicos (em que tive a honra de tomar parte) foi depois sancionado pelo ministro do Comércio e Indústria, por despacho de 21 de Setembro de 1939.

Neste plano geral, e em função da sua importância para a economia nacional, estabeleceu-se a ordem de precedência dos diversos minérios nos trabalhos a empreender, figurando em primeiro lugar os jazigos de ferro.

Não se entrou nele em conta com os carvões e o petróleo, porque as pesquisas dos primeiros estavam decorrendo sob orientação do «Instituto Português de Combustíveis» e as do petróleo entregues a um concessionário. No entanto ao Serviço do Fomento Mineiro incumbia o estudo e fiscalização das respectivas sondagens.

De harmonia com uma cláusula do plano geral acima referido foi, dois anos depois, este ampliado, por despachos sucessivos do subsecretário de Estado do Comércio e Indústria às fosforites, cromites, calcáreos, minérios de chumbo e níquel, e outros.

Na mesma época, ainda, e pelo Decreto-Lei n.º 31:636, foi também ampliado o âmbito de incidência do Decreto-Lei n.º 29:725 às instalações de tratamento e transformação de produtos minerais, acessórios dos trabalhos de mineração.

Porém, foi em Janeiro de 1940 que o Serviço do Fomento Mineiro ficou organizado, após a aprovação do respectivo quadro orgânico do pessoal técnico pelo ministro do Comércio e Indústria.

À testa do pessoal foi, em feliz hora, colocado o engenheiro do quadro de minas António Bernardo Ferreira, tão prematuramente morto recentemente, e a quem presto aqui a minha comovida homenagem.

Com efeito, este distinto engenheiro, pelas suas qualidades de chefe e animador, imprimiu, dentro das possibilidades de que dispunha, aos trabalhos a seu cargo, um ritmo dinâmico de actividade, que ficou bem expressa nas publicações do serviço vindas a lume, compreendendo estudos feitos e relatórios dos trabalhos empreendidos.

Foi dado assim o primeiro grande passo para o estudo real e concreto das nossas possibilidades metalúrgicas.

Pela criação e organização do Serviço do Fomento Mineiro, Portugal integra-se definitivamente na orientação moderna dos grandes países mais progressivos.

Inicia-se, deste modo, em Portugal o estudo *sistemático*, geológico e genético, técnico e económico da nossa riqueza mineira:

— adquire-se material de prospecção e laboratorial para os serviços oficiais mineiros, de forma a poderem realizar experimentalmente os estudos necessários complementares;

— prepara-se uma pléiade de engenheiros e geólogos, em estreita colaboração, cuja especialização e treino serão dos mais profícuos no ulterior fomento e prospecção da nossa riqueza mineral ultramarina;

— generaliza-se o emprego dos processos geofísicos à prospecção dos nossos jazigos, que os nossos técnicos assimilaram ràpidamente;

— dá-se larga publicidade ao trabalhos e estudos realizados, que assim vão esclarecer o público estudioso e os interessados, permitindo uma crítica construtiva de ideias e planos.

Louvores merecem pois o ministro Costa Leite que perfilhou os diplomas fundamentais, o subsecretário de Estado, eng.º Ferreira Dias, que lhe deu todo o calor do seu entusiasmo e competência, e o Director-Geral de Minas, eng.º Castro Sola que tão inteligentemente inspirou a criação do novo serviço e o tem orientado e acompanhado, dando assim clara prova de superior e rasgada visão dos problemas a seu cargo. Também o Conselho Superior de Minas tem prestado a mais dedicada e proficiente colaboração a esta iniciativa.

Justo é realçar ainda aqui os nomes do eng.º Salema Garção, relator do parecer da Câmara Corporativa a que atrás me referi, e do engenheiro Guimarães dos Santos, braço direito e colaborador assíduo e dedicado do eng.º A. B. Ferreira.

* * *

Não tenho a pretenção de fazer o relato dos trabalhos do Serviço do Fomento Mineiro, que seria demasiado longo, nem a crítica deles, onde aliás raro há que desmereça. De resto, as publicações respectivas respondem por si. Apenas me limitarei portanto a um breve sumário do que interessa à siderurgia.

O 1.º trabalho que se impunha, evidentemente, como base séria para equacionar o problema siderúrgico era o estudo sistemático dos jazigos de ferro, manganés e outros metais, e matérias fundentes, sob todos os aspectos, para definir a génese deles, desconhecida em muitos, as reservas de minério e as suas características industriais, ignoradas na grande maioria deles. Sem tais elementos todos os projectos siderúrgicos não passam, como não têm passado, de imaginários castelos.

A técnica moderna exige dados experimentais certos e seguros, e não hipóteses mais ou menos brilhantes.

Os trabalhos e estudos levados a cabo nos jazigos de ferro, ou ferro e manganés, incidiram já na sua maior parte, em maior ou menor extensão e profundidade, de harmonia com a natureza, o passado e importância de cada um: levantamentos topográficos e geológicos, limpeza e desobstrução de trabalhos mineiros antigos, abertura de sanjas, poços e galerias de pesquisa, sondagens, prospecção geofísica, trabalhos laboratoriais, de análise química e óptica, ensaios de preparação de minérios.

Entre os jazigos estudados contam-se os seguintes:

Ferro : — Guadramil (Bragança), Vila Cova (Marão), Moncorvo, Serra de Rates, Porto de Moz, Ferreira de Zézere e Alvaiázere (Leiria), Orada (Moura), Nogueirinha e Serra dos Monges,(Montemor-o-Novo), Alvito e Águas de Peixe, Odivelas e Lagoas do Paço (Ferreira do Alentejo), Vale do Vargo (Serpa) e ainda outros de menor vulto.

Manganês : — Na faixa mineralizada do Baixo-Alentejo (zonas de Aljustrel, Castro Verde e Mértola), vários jazigos, entre os quais Serra dos Feitais e Vale do Calvo, Herdade do Ferragudo e Herdade de Filipeja.

Ferro e manganês : — Na zona mineira do litoral do Alentejo (Odemira e Cercal), vários jazigos entre os quais, Serra do Rosalgar, Toca do Mocho, Serra da Mina, Serra das Tulhas, Cêrros do Pinheiro da Bela Vista e Serra do Lagar da Bela Vista.

* * *

Os trabalhos realizados e em curso nos jazigos de Guadramil (Bragança), representam o 1.º estudo sério e metódico deste jazigo. O minério mostra-se de boa qualidade, mas o valor industrial deste jazigo ainda não está definido.

A prospecção magnética do jazigo de Vila Cova (Marão), bem como os trabalhos mineiros de reconhecimento e os estudos já feitos sobre as características do minério, permitem considerar este jazigo de real valor industrial, sendo porém ainda incerto o cômputo das suas reservas minerais, baseado apenas em considerações geológicas.

Todavia, trata-se de um minério classificado como excelente, de um jazigo bem localizado, e de económica exploração.

Ensaios preliminares industriais, feitos em Delft (Holanda) sobre estes minérios, confirmaram já os resultados dos ensaios feitos pelo S. Fomento Mineiro, (eng.º Guimarães dos Santos). Em tal sentido, e para confirmação, além de mais ensaios a realizar em Delft, outros se seguirão na Universidade de Stockolmo e nos Estados Unidos da América. Se, como se espera, confirmarem a opinião estabelecida, o jazigo de Vila Cova será um factor a contar na equação do problema siderúrgico nacional.

O jazigo de Moncorvo é, como se sabe, o mais importante dos nossos jazigos ferríferos e, no dizer de Sampelayo, um dos mais importantes da Europa.

O trabalho persistente de um dos concessionários desta área, reverificada pelos serviços oficiais ([1]), que colheram centenas de amostras, e as analisaram, permite reconhecer numa zona da Serra do Reboredo 165 milhões de toneladas de minério, com 50 milhões de toneladas à vista no cabeço da Mua.

Sobre os minérios de Moncorvo vão ser feitos estudos idênticos aos dos do minério de Vila Cova.

No jazigo da Orada, onde em tempos (creio que em 1934) se fez o 1.º trabalho de prospecção geofísica em Portugal, foi realizada uma companha de prospecção magnética, estando a realizar-se sondagens para comprovação dos resultados dela. Só depois se poderá definir em termos geo-económicos o seu valor. Vem a propósito dizer que o engenheiro geólogo E. Simons, assistente da Universidade de Bruxelas, num trabalho ([2]) cuja data ignoro, afirmou que, pelas suas condições geológicas e petrográficas, este jazigo era comparável aos de Danemora e Persberg, na Suécia central.

O Serviço do Fomento concluiu os trabalhos de reconhecimento das minas de ferro de Montemor-o-Novo, onde foi realizada também a prospecção magnética. Ensaios e estudo dos seus minérios foram igualmente feitos. Estes trabalhos e estudos, começados em 1941, pouco alteraram o conceito estabelecido sobre as reservas minerais destes jazigos.

A prospecção magnética bem como os trabalhos mineiros, que tiveram lugar no jazigo de Odivelas, não revelaram nenhum depósito de valor económico.

([1]) «Linha de Rumo», pelo eng.º Ferreira Dias.

([2]) «Note preliminaire résumant les principales conclusions relatives à l'occurrence et à l'origine du gisement d' Orada.»

O mesmo aconteceu com o jazigo de Vale do Vargo e com o jazigo de Águas de Peixe, onde neste também teve lugar a prospecção magnética, cujas conclusões foram desfavoráveis.

Estão concluídos os estudos das minas de manganés de Castro Verde (Ferragudo e Filipeja) de Lagoas do Paço (Ferreira do Alentejo), e Serra dos Feitais e Vale do Calvo (Aljustrel) da faxa manganesífera do Baixo Alentejo.

Foram animadores os resultados dos estudos e trabalhos feitos nas minas de ferro e manganés, próximas do litoral do Alentejo (zona de maior interesse), permitindo prever reservas apreciáveis. Um dos filões da mina do Rosalgar é bastante valioso, esperando-se que só por si defina reservas num valor aproximado de 400.000 toneladas. O grupo do poente deve dentro de um prazo limitado estar reconhecido em profundidade, de forma a poder definir as suas reservas. Prevê-se um milhão de toneladas de reserva no fim do plano de pesquisas e reconhecimento.

Os depósitos são muito importantes e o minério de ferro e manganés, é de modo geral bom e puro quanto a enxofre e fósforo.

* * *

Além dos jazigos de ferro e manganés, o S. do Fomento Mineiro procedeu ainda a estudos e trabalhos em jazigos metalíferos e não metalíferos vários:

Jazigos de cromo, na região de Vinhais e Bragança,
Jazigos de urânio, de Souto de Aguiar da Beira,
Jazigos de chumbo, de Adorigo, Braçal e Quintanilha,
Jazigos de ouro, do Alto Minho e Valongo,
Ocorrências de bismuto, no Marão,
Jazigos de cobre, de Vila Velha de Ródão, Moura e Barrancos,
Jazigos de pirites, em Aljustrel e S. Domingos (prospecção geo-eléctrica).
Jazigos de fosforites, de Castelo de Vide e Idanha,
Jazigos de amiantos, da região de Morais e em Portal,
Jazigos de sais de potássio, em Leiria, Caldas da Rainha e Óbidos (prospecção geo-sísmica feita por uma brigada técnica do Instituto Espanhol Geológico e Minero, por conta do concessionário).

Assistência técnica às pesquisas nas zonas carboníferas de S. Pedro da Cova, Midões, Pejão, Cabo Mondego e Rio Maior, realizadas sob orientação do Instituto Português de Combustíveis, cuja obra neste domínio é considerável.

Igual assistência prestou o S. do Fomento Mineiro às pesquisas de substâncias betuminosas e hidro-carbonetos em Torres Vedras, Monte Real, segundo orientação do mesmo Instituto em que colabora o eminente geólogo E. Fleury, além do distinto eng.º de minas António Viana.

* * *

Fez ainda o S. do Fomento Mineiro um importante estudo preliminar sobre as nossas castinas, minerais de alta importância, como se sabe, na siderurgia. É este um capítulo que exige trabalhos complementares para apuramento mais exacto de valores.

No trabalho a este respeito publicado (1) atribuem-se onze milhões de metros cúbicos às reservas das pedreiras de Chão de Maçãs, e 18 a 19 milhões de metros cúbicos às de Pero Pinheiro, as melhores de todas.

As reservas das pedreiras de Bragança, não estão suficientemente estudadas, parecendo no entanto fracas.

No mesmo estudo encara-se também o importante problema da localização da futura Sideraria. É um trabalho interessante, sempre útil, mas talvez prematuro, antes do conhecimento da solução técnica adoptada para a siderurgia. Só depois se poderá concluir se a solução Celorico de Basto está ou não bem.

* * *

Com um quadro de pessoal reduzido a um grupo diminuto de engenheiros, geólo-

(1) «Estudo preliminar de castinas e localização das oficinas de Siderurgia», pelo eng.º auxiliar de minas Artur Augusto da Fonseca.

H. PARRY & SON, L.DA

SEDE: 6, AV. 24 DE JULHO - LISBOA

Telef.: 64187 (4 Linhas) 66065
Teleg.: NAVIOS-LISBOA

CONSTRUÇÕES
E REPARAÇÕES
NAVAIS

DOCAS SECAS

Execução de qualquer trabalho de
mecânica, electricidade,
fundição, caldeiraria,
forja, soldadura, etc.

DESENHOS
PROJECTOS
ORÇAMENTOS

Fábrica de Tintas de Sacavém
S. A. R. L.

PRODUTOS
DYRUP

TINTAS e VERNIZES

TIPO AMERICANO

SACAVÉM — PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105
LISBOA 42651 42156

Companhia União Fabril
Sede: Rua do Comercio, 49
LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL
DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

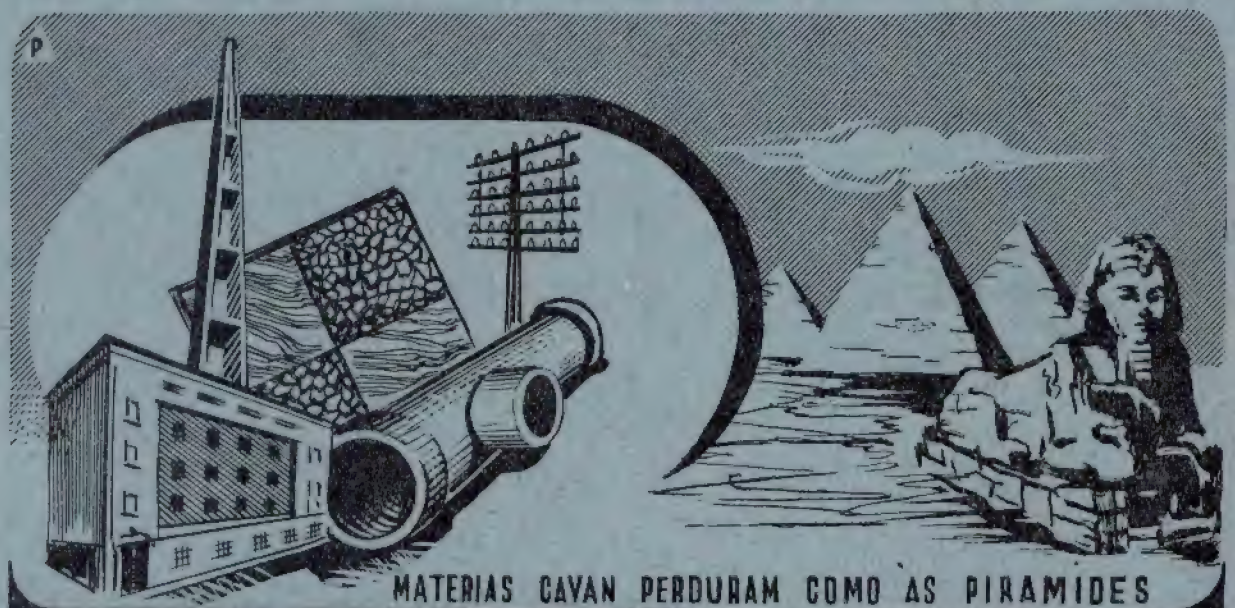
Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval
(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica



MATERIAS CAVAN PERDURAM COMO AS PIRAMIDES

Sociedade Portuguesa Cavan

R. D. ESTEFÂNIA, 42 ~ TELEF. 47812-50129 ~ LISBOA E PORTO

gos e agentes técnicos, pode bem afirmar-se que o Serviço do Fomento Mineiro tem correspondido inteiramente aos altos objectivos do Governo em matéria de tão transcendente alcance para a economia nacional.

É imprescindível dar a este serviço dotações, pessoal e material bastantes para que a sua actividade progrida e se aperfeiçoe incessantemente, e a publicação dos seus trabalhos não se interrompa.

2. — Instituto Português de Combustíveis

Criado pelo Decreto-Lei n.º 22.788 de 29 de Junho de 1933, tem o Instituto Português de Combustíveis, sob a proficiente direcção do Prof. Herculano de Carvalho, realizado uma obra importante.

Estudar sob o ponto de vista técnico e económico a valorização de todos os produtos nacionais de origem vegetal, mineral ou de transformação material, susceptíveis de ser utilizados como combustíveis, é a sua essencial finalidade.

Nesta ordem de ideias, e devidamente preparado com os laboratórios indispensáveis, tem o Instituto contribuído para o melhor conhecimento do valor dos nossos combustíveis, com aplicação a várias indústrias, tendo publicado o 1.º estudo de conjunto [1], com os resultados das análises feitas sobre numerosas amostras colhidas nos respectivos jazigos.

Tem igualmente procedido à indagação sistemática das nossas reservas carboníferas, em execução do plano de reconhecimento e pesquisa que estabeleceu e foi superiormente aprovado, para avaliação daquelas, como parte que são, integrante, da reconstituição económica do país.

Para este efeito vem realizando numerosas campanhas de sondagens nos jazigos carboníferos mais importantes, cujos resultados porém não são ainda do domínio público.

A fim de bem orientar os seus trabalhos, tem o I. P. C. realizado várias missões de estudo ao estrangeiro, pondo-se em cada uma em contacto com os meios científicos e técnicos mais adiantados. Assim foram percorridas a Inglaterra, a Checoslováquia, a Bélgica, França, Holanda, Alemanha, Suíça, Itália, etc.

As publicações do I. P. C. são uma prova do seu labor valioso, garantia de futuros trabalhos do maior interesse para a mais racional e intensa utilização dos combustíveis nacionais nas nossas indústrias.

3. — Relatórios, estudos e referências ao problema siderúrgico

Abordá-los-ei aqui, cronològicamente, referindo o que chegou ao meu conhecimento, quer em publicações, quer através da imprensa, dito ou escrito por técnicos, ou por entidades oficiais, a partir de 1940.

O primeiro a citar é o do eng.º Humberto de Sousa Reis, intitulado —: «Uma tentativa na Direcção-Geral da Indústria para ressurgimento da indústria siderúrgica em Portugal» [1].

O eng.º Sousa Reis tinha visitado a Itália e Alemanha em 1938, em missão de estudo da siderurgia, cujo relatório publicou em Julho de 1940 no «Boletim da D. G. da Indústria». Nesta missão colheu muitos elementos úteis nalgumas instalações importantes. Neste mesmo relalório, e em conclusão, o eng.º S. Reis aconselhava muito sensatamente:

— O estudo dos minérios e carvões nacionais em mais de um laboratório;

— a nomeação de pessoa ou entidade idónea que se dedique exclusivamente ao estudo do problema e à compilação dos elementos;

— não conceder autorização para indústrias subsidiárias que possam comprometer os nossos recursos em matérias primas ou secundárias (sucatas especialmente) antes de feito o estudo;

— não autorizar certos fabricos (aços

---

(1) «Carvões Portugueses» — 1941.

(1) «Boletim da Direcção-Geral da Indústria» — Julho de 1942 — O trabalho tem a data de 13 de Dezembro de 1941.

especiais por exemplo) sem conhecimento prévio das condições técnicas e económicas da exploração;

— encarar o problema em toda a sua vastidão desde início.

O eng.º Sousa Reis, no seu valioso estudo, considera a indústria siderúrgica como uma das de maior importância económica para a Nação, e, após uma breve notícia sobre a técnica da actual siderurgia, encara o problema português a traços largos.

Discorda do emprego do carvão de lenha que só julga legítimo com minérios muito puros, o que não é o nosso caso, diz.

Considerando ainda a sua escassez, inclina-se para a solução combustível coque.

Pouco diz dos minérios, cuja localização lhe parece secundária em importância, por entender que as distâncias entre nós não contam, em vista da sua ordem de grandeza.

Considera que temos fundentes. Entendendo como solução mais natural e provável o alto-forno a coque, parece-lhe contudo que só o estudo completo do problema da energia pode decidir uma opção entre aquele e o forno eléctrico. No final do estudo mostra a complexidade do problema que tem de ser estudado encarando todos os numerosos factores e a sua interdependência.

* * *

No ano de 1942 foram elaborados três relatórios por peritos técnicos estrangeiros, considerados de grande categoria, aos quais o Governo solicitou a sua opinião sobre o problema siderúrgico nacional, depois de examinarem os jazigos mais importantes e os dados existentes à data sobre os vários factores estudados ou em estudo.

Tais relatórios foram elaborados por:

1. o norte-americano Carl Hans Vom Baur, da Miller, Vom Baur & Pratt»;
2. os franceses Mayençon e Damiron, da Société des Acieries et Forges de Firmin $^{1}/_{14}$.
3. os polacos W. Lewicki e W. Litwinowicz, com residência temporária em Portugal, então.

Ignoro as soluções a que chegaram. Constou-me que seriam partidários da solução electrosiderúrgica. Talvez, em face do conhecimento parcial de dados essenciais sobre a natureza e reservas de minérios de ferro e manganês e castinas, etc., tal consulta tenha sido prematura, e por isso embora tècnicamente perfeitos e até muito instrutivos (quero crê-lo), menos valiosos os relatórios em questão.

Quer-me parecer que só haveria vantagem na publicação de tais relatórios, pois só vendo-os se poderia com justeza apreciá-los e saber do seu interesse.

Não sou adverso à colaboração de estrangeiros; pelo contrário, penso que nesta matéria é indispensável, dado que não temos a indústria pesada, que desejamos, nem há entre nós quem a conheça em profundidade.

Atentos às suas relações com grandes empresas estrangeiras, cujos interesses podem colidir com os portugueses, a sua proficiência é para nós todavia preciosa em todos os casos.

* * *

O eng.º Maurice Tabar (Arts et Métiers), que há muitos anos vive em Portugal, tem-se preocupado desde longo tempo com o problema siderúrgico. Já a ele me referi na conferência que fiz em 1931 no Porto, aludindo então ao seu projecto de aproveitamento dos minérios de ferro de Guadramil pela electro-siderurgia, elaborado em 1921, para uma produção anual de 25.000 toneladas de gusa. Mais tarde, e com data de 12 de Agosto de 1941, apresentou novo estudo [1] em que propunha o aproveitamento dos minérios do Alentejo (Orada, Monges e outros jazigos) A instalação inicial produziria 35.000 toneladas (altos fornos para 80 toneladas diárias, aciaria e laminadores correspondentes), passando numa 2.ª fase a 55.000 toneladas e 5 anos depois, a 120.000 toneladas, assim distribuídas:

gusa de fundição	8.000	toneladas
aço para arame	16.000	»
» » folha de flandres	20.000	»
» » tubos	6.000	»
» » perfis laminados	70.000	»

[1] Memória sobre a fácil instituição da indústria siderúrgica em Portugal e as garantias do seu bom êxito.

Como combustível utilizaria o carvão vegetal, visto, afirma, *ser Portugal um país muito rico em produtos florestais; bastará saber aproveitar os benefícios do clima para ter em abundância o melhor dos combustíveis metalúrgicos.*

Como local para a fábrica propunha Pinhal Novo, a 14 k. do porto de Setúbal.

Em 1942, Maurice Tabar [1], porém, apresentou uma 3.ª solução — tendente ao aproveitamento de 50.000 toneladas de cinzas de pirites e alguns minérios do Alentejo. Com elas e carvão de lenha, poderia obter 35.000 toneladas de aço laminado (100 toneladas por dia), aglomerando as pirites no forno rotativo Basset. Instalaria 2 altos-fornos de 50 toneladas cada um, 2 fornos de aço Martin, de 20 a 25 toneladas cada um, começando a fabricar o ferro redondo apenas, para o betão armado.

Finalmente numa exposição apresentada em Setembro de 1942 [2], o eng.º Tabar é contrário à utilização na siderurgia de Kwh hidráulicos para reduzir os minérios de ferro, e considera possível a utilização dos nossos minérios siliciosos pela siderurgia estrangeira, recebendo nós em troca os minérios necessários à lotação com os nossos e o combustível de que carecemos.

«Temos técnicas a adquirir, técnicos e operários a formar e um clima a criar para todos os espíritos», afirma.

Por isso entende também que a siderurgia deve caminhar por étapes.

* * *

Devem-se ao eng.º Ferreira Dias as facilidades e impulso para que o S. do Fomento Mineiro levasse a cabo a intensiva campanha de prospecção dos jazigos de ferro. Devem-se-lhe também as consultas feitas aos engenheiros estrangeiros a que atrás me referi, e ainda uma outra de um engenheiro sueco.

O eng.º Ferreira Dias é um entusiasta partidário da implantação da siderurgia, que considera de largo alcance, porque além de outras vantagens óbvias [1] «*teria um papel indirecto muito considerável: desenvolver e aperfeiçoar a indústria metalo-mecânica, bem necessitada de um tónico poderoso*».

Não havendo potência eléctrica disponível, entende o mesmo engenheiro dever considerar-se a hipótese de ensaios sistemáticos em larga escala, de minérios, cinzas de pirites e carvões vegetais no estrangeiro.

«*Seria* (diz) *um expediente para vencer o ponto morto em que tranquilamente deixamos correr o tempo*».

Há, diz, muitas variáveis a considerar, e que conviria estudar em forno de ensaios apropriado, e cita-as:

— o enriquecimento dos minérios,
— a aglomeração dos finos,
— o consumo do carvão,
— o consumo de energia,
— a riqueza do leito de fusão,
— o estudo das escórias,
— a produção e composição dos gases,
— a correcção do teor em fósforo,
— a correcção do teor em enxofre.

Os engenheiros Abilino Vicente e Manuel Aboim Assunção de S. Lemos mostram-se, no estudo que publicaram na «Revista da Ordem» em 1946, partidários da electro-siderurgia a carvão de lenha, quer para a gusa, quer para o aço, uma vez executado o plano de electrificação do país [2]. Preconisam no entanto ainda o fabrico de gusa em fornos rotativos e do aço em pequenos fornos eléctricos a óleos pesados. Neste trabalho mostram-se partidários da minha ideia da criação de um Instituto Nacional de Metalurgia, ideia que em tempos propus no Conselho Superior de Minas (1939) e renovei na conferência sobre siderurgia, no Porto (1941) e ainda depois em tese que apresentei ao último Congresso Luso-Espanhol para o progresso das Ciências no Porto, sobre a «necessidade de criação de Laboratórios e

---

(1) «Mais uma nota sobre a introdução da indústria do ferro em Portugal».

(2) «Da necessidade e da possibilidade de poupar calorias na futura indústria nacional do ferro».

(1) «Linha de rumo» — 1945.

(2) «Porque importamos ferro?» «Revista da Ordem dos Engenheiros», de 25 de Janeiro de 1946.

Institutos de investigação mínero-metalúrgica em Portugal».

* * *

Recentemente o eng.º Ezequiel de Campos, em novo livro [1], incisivo e veemente, em que mais uma vez aborda lùcidamente problemas fundamentais para o progresso e prosperidade do país, refere-se ao problema siderúrgico.

Entre as imposições governativas do território e da grei, que figuram nas conclusões finais, encontra-se «*a realização o mais rápida possível da siderurgia pelo aproveitamento de minérios, das sucatas e das cinzas das pirites mais a economia máxima de combustível, as metalurgias do cobre, chumbo, estanho, zinco, tungsténio, alumínio e o fabrico da folha de flandres, chapa e ferro zincado*».

Mostra-se partidário da solução electro-siderúrgica a carvão de lenha, e para isto insiste mais uma vez pela intensiva resolução da electrificação e arborização do país.

Defende a instalação da central de Carrapatelo no Douro, que só por si, daria mais electricidade do que deram em 1946 todas as 639 centrais de Portugal com 999 máquinas, a somarem 315.484 Kw instalados.

Sob o ponto de vista florestal, pretende que na execução do plano de arborização se atenda geogràficamente à futura indústria siderúrgica. Lembra ainda a magnitude de transportes que esta acarretará, o que implica estudos e realizações no domínio das vias e meios de comudicação.

* * *

Não quero deixar de me referir aqui a um livro recente que, embora sendo de vulgarização, muito apreciei, pelo equilíbrio que denota, e se intitula «O ferro». É da autoria de Amaro Guerreiro. Abordando o problema que estamos tratando, e depois de versar todos os aspectos dele com ponderação, diz:

«Em resumo, e como conclusão, pode dizer-se afoitamente que existem em Portugal (mesmo que consideremos só o continente) matérias primas em quantidades mais do que suficientes e de qualidade satisfatória para a montagem e laboração da indústria siderúrgica em boas condições».

E ainda mais:

«Em face do que escrevemos, parece legítimo concluir que é viável a instalação da indústria siderúrgica em Portugal».

Amaro Guerreiro defende e justifica a solução da fusão do minério e fornos eléctricos, com o emprego do carvão de coque como redutor.

* * *

Quando em 16 de Agosto do ano passado visitaram as obras da barragem do rio Zêzere os ministros das Obras Públicas, da Economia e da Marinha, o 2.º destes titulares, eng.º Daniel Barbosa, fez as seguintes declarações:

«É ao Douro que temos de ir buscar a parte que nos falta (referia-se ao problema da energia) tanto mais que é no Douro e seus afluentes que vamos encontrar a grande possibilidade de dar satisfação completa às necessidades previsíveis para o nosso plano de fomento industrial».

E a seguir: «*Com efeito, temos necessidade imperiosa de grande volume de energia para a metalurgia nacional do ferro, com o fim de aproveitar, como se impõe, os recursos minerais do país*».

E ainda mais: «*A siderurgia, além do seu alto interesse económico, pode e tem que ser considerada como base industrial de muitas indústrias bases; temos ao nosso dispor estudos já realizados, em que técnicos nacionais e estrangeiros ao serviço do ministério da Economia, põem em equação o problema; dispomos de minérios aproveitáveis e de castinas e não nos faltam carvões vegetais para a redução*».

Referindo-se à possível solução do problema, disse que estava em aberto essa questão, que só poderia resolver-se depois de conhecermos as possibilidades energéticas do rio Douro, *onde há que ir buscar quanti-*

(1) «Prègação no deserto» — 1948.

dades de energia nunca inferiores a meio bilião de quilováteos anuais.

«Não posso apresentar certezas, neste «sector industrial, como tenho feito no de«correr deste trabalho. Direi sòmente que, «como resultado dos estudos que já estão «feitos, e que, de momento se deseja con«firmar, será possível erguer em Portugal «uma metalurgia do ferro logo que haja «electricidade que lhe baste».

Dou a estas palavras um valor excepcional, dado o temperamento dinâmico, a honestidade, coragem e inteligência que caracterizam vincadamente a personalidade do ministro.

Já anteriormente, no seu magnífico trabalho, atrás citado, «Linha de rumo», o antigo subsecretário de Estado eng.º Ferreira Dias, afirmara:

«*Fazer ferro é uma condição de independência; e cuidar desta é o primeiro dever do Estado perante a Nação*».

Sob a sua orientação, o problema siderúrgico deu um bom salto. Espero que o actual ministro da Economia lhe faça dar um salto ainda maior.

Aliás, todo o tempo que perdermos, é ouro dissipado em prejuízo da Nação.

* * *

Em 28 de Novembro do ano passado, na conferência que realizou em Setúbal, o engenheiro Ferreira do Amaral, chefe do gabinete do ministro da Economia, sobre o fomento da indústria nacional, novamente confirmou a intenção do Governo de tornar possível uma metalurgia de ferro em Portugal, logo que haja electricidade que lhe baste.

A certa altura do seu excelente trabalho afirmou:

«*A electro-siderurgia nacional constitui «uma parte primacial do programa de res«surgimento da indústria portuguesa.* A pre«paração do ferro e dos perfis laminados «que possam ser econòmicamente obtidos, «deve competir a uma só unidade fabril, «cuja localização, programa de fabrico e «orientação técnica e económica obedeçam «a conclusões de estudos sábios e prudentes».

4. — Projectos e realizações em marcha, que interessam à siderurgia.

Versaremos aqui os seguintes assuntos:

— a electrificação do país,

— o povoamento florestal,

— a construção naval,

— fábricas de índole metalúrgica ou metalo-mecânica, autorizadas.

Electricidade

Em Outubro de 1945 constituiram-se as Sociedades Anónimas Hidro-Eléctricas do Cávado e do Zêzere, tendentes à realização de duas grandes centrais, para o aproveitamento da energia dos dois rios.

Estão-se fazendo estudos no rio Douro, e espera-se, em breve (segundo as palavras autorizadas do ministro da Economia [1] poder «*assèntar de que modo e a quem deve ser dada a concessão*».

Mais de um milhão e quinhentos mil contos vão ser aplicados na 1.ª fase do plano de construção da rede de linhas eléctricas [2].

A magnitude dos empreendimentos em marcha justifica a confiança na realização dos novos empreendimentos em vista.

Povoamento florestal

O plano de rearborização que se está a executar, em virtude da lei n.º 1.971 de 15 de Junho de 1938, é uma das obras de maior vulto da nossa época [3].

Prevê-se nela que durante 30 anos serão arborizados 429.859 hectares de terras, sendo 420.000 de serras e 9.859 de dunas.

Esta obra, que custará 707.460 contos ao Estado, incidirá sobre terrenos baldios e dunas do Norte do País.

Que esta obra prossegue, prova-o ainda o recente discurso do ministro da Economia no acto da posse do novo Director Geral

---

(1) Discurso proferido na visita às obras da barragem do Zêzere, em 15 de Agosto de 1947 (da imprensa).

(2) Conferência do eng.º Ferreira do Amaral em Setúbal, em 29 de Novemboo de 1947.

(3) «Sobre os serviços florestais», pelo eng.º agr. José Matéus de Almeida Mendia.

dos Serviços Florestais e Aquícolas ([1]). Nele afirmou que já foi arborizada nos últimos nove anos uma área de dunas superior duas vezes e meia à do pinhal de Leiria e que ainda este ano serão plantadas mais de 100.000 árvores.

Portugal que ocupava, à data de 1932, o 10.º lugar entre 28 países europeus ([2]), na ordem de relatividade de área arborizada, subirá nela decerto bastante, depois de realizada a obra que a lei 1.971 estabelece.

Desaparecerá assim, a razão de ser do sentimento de desolação que nos tomou quando examinámos tão extensa nudez na carta do reconhecimento florestal, de 1935, elaborada pela respectiva Direcção Geral, nudez contra a qual já o grande Herculano tinha baldadamente clamado. Não nos faltará portanto o carvão de lenha para a siderurgia.

Construção naval

Pondo de parte outros navios menores e lanchas, referir-me-ei, em especial, ao navio petroleiro «S. Braz», construído no Arsenal do Alfeite. Tem este barco um deslocamento máximo de 14.000 toneladas e possui um motor Diesel de 4.400 C. V. É um exemplo frisante das nossas possibilidades e dificuldades.

Importou em 22.000 contos, dos quais 12.000 relativos a material que teve por base o ferro: verba muito pesada no custo total. Se Portugal produzisse o material metálico necessário, o dispêndio com material estrangeiro reduzir-se-ia a 10 ou 15 % do custo total.

«Sem Portugal produzir a matéria prima necessária à indústria de construção naval, não é possível desenvolver esta com a amplidão que o nosso comércio externo e o estado precário da nossa actual marinha exigem ([3])».

Resumindo o muito que haveria a dizer: O desenvolvimento da nossa marinha (mercante e mesmo de guerra) é um imperativo da nossa situação atlântica e do nosso património ultramarino. A siderurgia é a primeira condição necessária desse desenvolvimento.

Fábricas de índole metalúrgica e metalo-mecanica autorizadas

Citarei algumas das realizações em marcha, que atestam a febril intenção renovadora, que anima o capital português, criadoras de novas fontes de riqueza e trabalho.

Por despacho ministerial de 14-7-1942 foi autorizado a «Société des Acieries et Forges de Firminy» ([1]), a instalar em Portugal, no distrito do Porto, uma fábrica para produzir folha de Flandres, nas dimensões correntes do mercado internacional, e chapa de ferro preta até 3 m/m de espessura e $1^m,25$ de largura, e chapa galvanizada, ondulada ou não, nas dimensões correntes do mercado internacional até à largura laminada de $1^m,25$. Como matérias primas para ela empregará sucata de ferro, lingotes de gusa e combustíveis nacionais.

O Governo comprometeu-se a dificultar ou proibir a exportação de sucata e retalhos de folha de Flandres, 6 meses antes da data presumível de início da laboração.

À data da conferência, já citada, do eng.º Ferreira do Amaral, em Setúbal, e segundo as suas declarações, prosseguiam os trabalhos de terraplanagem e construção da fábrica de folha de Flandres, prevista para satisfazer o consumo do País.

Esta fábrica fica localizada em Ermesinde, na margem do rio Leça, esperando-se que em 1950 possa laminar e estanhar chapa grossa de importação.

Por despacho ministerial de 9 de Agosto de 1943 foi concedida a uma firma do Porto o exclusivo de montagem da indústria metalúrgica do cobre, por 10 anos. Compreende a fabricação de lingotes, chapas, fios, cabos nus, tubos e pérfis diversos de cobre e suas ligas (latões e bronzes), a partir de lingotes, sucatas, minérios de cobre, mates

---

([1]) Em 7 de Maio.

([2]) »L'annuaire international de statistique forestière».

([3]) «A construção naval em Portugal», por António Salgueiro — «Revista de Marinha», n.os 236 e 237 de 1944.

([1]) Esta transferiu depois os seus direitos para a C.ª Portuguesa de Siderurgia.

ou cementos, assim como dos produtos necessários aos electrólitos e electrodos, tratamento dos sub-produtos e metais recuperáveis.

A instalação terá as seguintes secções:

1. secção de tratamento de minérios de cobre, mates ou cementos e de preparação de ligas;

2. secção de fabrico e aproveitamento dos electrólitos;

3. secção de afinação electrolítica de cobre;

4. secção de tratamento de lamas anódicas e metais recuperáveis;

5. secção de fabrico de chapas, tubos, fios e perfis, por laminagem, estiragem, extrusão ou electrólise;

6. instalações acessórias, tais como serralharia, forja e soldadura, fundição de ânodos, estanhagem, pulimento, corte e fabricação de condutores múltiplos.

7. laboratório de ensaios químicos, mecânicos, eléctricos e metalográficos para controle permanente das características do material e do seu fabrico.

Esta fábrica, situada em Contumil, nos arredoros do Porto, já funciona parcialmente.

Por despacho ministerial de 10 de Setembro de 1943 foi autorizada a construção de uma fábrica de tubos de aço com costura mediante soldadura electrica, a uma firma de S. João da Madeira. Serão nela fabricados vários tipos de tubos. Independentemente de outros tipos, obriga-se a Sociedade a produzir:

1) tubos comerciais para canalizações, pretos ou galvanizados, com diâmetros e espessures apropriadas para gás normal;

2) tubos de aço Siemens-Martin ou aços especiais soldáveis, próprios para caldeiras ou condutas de vapor;

3) tubos de parede delgada, a partir de de $0^{mm},8$ para mobiliário e decorações, pretos ou pulidos por estiragens depois de soldados;

4) tubos de aço envernizados, esmaltados ou galvanizados para protecção de condutores eléctricos.

É-lhe concedido o exclusivo durante dez anos.

Em 20 de Maio de 1944 foi dada licença para o fabrico de motocicletas em Portugal, devendo a respectiva fábrica estar em laboração em 1949.

Em 1943 fora feito um interessante estudo pela Direcção-Geral da Indústria sobre a possibilidade de tal fabrico entre nós [1].

A conclusão só era favorável, no sentido económico, ao fabrico de estruturas de «utilitários», e quando muito ao fabrico de equipamentos eléctricos.

A uma firma de S. João da Madeira, e por alvará de 16 de Dezembro de 1942 foi concedido o exclusivo por 8 anos (ampliável por 10 anos) da fabricação de máquinas de costura, por uma produção mínima de 5.000 máquinas. É de registar a obrigação imposta de instalar também um laboratório para ensaios químicos, mecânicos e metalográficos, para constante verificação da qualidade dos produtos.

Neste fabrico todo o material, com excepção das agulhas, e segundo informação do eng.º Melo Queirós, será produto de trabalho nacional.

Houve ainda autorização para se constituir a Companhia Portuguesa de Laminagem, a qual deve instalar um forno de 15 toneladas, devendo as respectivas instalações estar a funcionar em 1940, nada mais conhecendo sobre este assunto.

Igualmente, já está funcionado um Trefilaria em Sacavém, da qual não tenho quaisquer dados.

Não quero deixar de pôr ainda em relevo, no domínio da construção metalo-mecânica, a construção da primeira locomotiva nacional, de 1000 C. V., nas oficinas da C. P., em 1944, sob a direcção de engenheiros portugueses e por artífices portugueses.

A metalo-mecânica tende a desenvolver-se, mas creio que são poucas aínda, entre nós, as fundições que empregam métodos aperfeiçoados e científicos de contrôle dos processos de fabrico e tratamentos, bem como das matérias primas e produtos obtidos.

---

[1] «Boletim da D. G. da Indústria», de Julho de 1943. O estudo é da autoria do agente técnico Evélio Lima.

Pelo menos, em dezoito relatórios de estágio de alunos da Faculdade de Engenharia, que estiveram algum tempo noutras tantas oficinas, raras vezes se fala em tal matéria. É por isso digno de elogio que nos alvarás das novas oficinas se obriguem os concessionários a instalar laboratórios para tal efeito.

Muito conviria fazer-se um inquérito à metalúrgica e metalo-mecânica nacional, para definir as suas possibilidades, o seu grau de progresso, a técnica dos seus fabricos e respectiva aparelhagem, bem como o grau de preparação do seu pessoal técnico.

III

No caminho da Indústria Siderúrgica

Dei na 1.ª parte desta nota uma ideia, embora parcial, do desenvolvimento da siderurgia no mundo. Na 2.ª parte, referi o labor realizado para chegar a um conhecimento do valor real dos nossos minérios e combustíveis, e dos trabalhos em marcha para a ampliação da nossa riqueza florestal e aproveitamento da energia hidro-eléctrica. Vimos ainda, através de estudos e referências feitas ao problema siderúrgico, quer por técnicos, que por entidades oficiais responsáveis, que se vai formando o clima espiritual necessário à implantação da siderurgia. Tudo caminha, pois, para dar ao nosso espírito uma reconfortante esperança e um optimismo fundamentado.

Os resultados já obtidos com os trabalhos de investigação realizados animam a continuá-los, a intensificá-los com mais ardor e confiança.

Há realidades inegáveis no domínio dos minérios e no da energia. Com efeito, temos minérios de ferro e outros metais, e calcáreos em abundancia. Vamos ter também electricidade em quantidade e preço compatíveis com a laboração do ferro e do aço. E se a visão do problema não é tão satisfatória quanto a carvões, a verdade é que ainda não estão suficientemente estudados os que possuímos, e são grandes as nossas possibilidades florestais.

Dizia em 1891 (1) o então director das minas de carvão do Pejão, eng.º Morais de Carvalho, serem «os nossos carvões susceptíveis de aproveitamento se, para uma solução prática, seguirmos o exemplo doutros países cujos recursos em combustíveis são igualmente reduzidos, como a Austria, a Itália, a Suíça e a Holanda». E mais adiante acrescentava — «que nenhumas razões de ordem teórica ou prática encontrara para que as antracites aglomeradas não pudessem constituir um redutor precioso dos minérios de ferro».

Quero ainda recordar que o eng.º Perpétuo da Cruz (2) realizou com êxito ensaios de coquização com uma mistura de antracite do Pejão (40 %) e hulhas (60 %) obtendo, disse, «um coque compacto, de belo aspecto, análogo aos coques metalúrgicos». Outro ensaio, que fez, com a mistura de antracite e breu, deu também resultados satisfatórios de coquização. E lembro ainda os ensaios feitos no alto-forno de Soulines (Rússia), e com bom resultado, com a mistura do coque e antracite, a 50 %.

Também nos não faltarão materiais refractários, para a construção dos fornos e aparelhos, como em 1855 o constatava já o general Carlos Ribeiro.

E também não faltarão a inteligência e capacidade técnica à nossa engenharia e ao nosso operariado, já tão brilhantemente postas à prova em numerosas realizações, para que duvidemos delas no campo metalúrgico.

E se é certo que nos falta a prática, e que no início teremos de recorrer a estrangeiros, não é menos certo que tal colaboração não passará de transitória.

Tudo leva a crer que a siderurgia nacional venha a ressurgir das cinzas dum passado, afinal não muito longínquo.

Temos, porém ainda, na nossa frente largos caminhos a percorrer, e o tempo urge. Não há tempo a perder. O crescimento demográfico português representa imperativo categórico à criação de novas

(1) «Os combustíveis fósseis em Portugal», pelo eng.º Morais de Carvalho.

(2) «Os Combustíveis» — 1928.

fontes de trabalho e de riqueza para as novas gerações.

Certos, pelos dados que já possuímos, e pelo confronto dos nossos recursos com os de outros países ferreiros, menos dotados do que nós, de que chegaremos a uma solução técnico-económica real e positiva do problema, tudo aconselha a que se prossiga na política encetada e se façam todos os preparativos para a realização, num tempo mínimo, do grande empreendimento, que será o de maior alcance de toda a nossa história económica.

* * *

No prosseguimento dos trabalhos e estudos que o problema siderúrgico envolve, há a considerar os seguintes:

1. intensificação dos trabalhos do S. do Fomento Mineiro e do I. Português de Combustíveis;

2. idem, dos trabalhos de electrificação do Douro;

3. idem, do povoamento florestal, parecendo que haveria a maior conveniência em reduzir de 30 para 20 anos o tempo de execução do respectivo plano no Norte do País;

4. realização de ensaios de ordem metalúrgica sobre as matérias primas a utilizar na siderurgia: — minérios, fundentes, combustíveis, materiais refractários, sua beneficiação e emprego;

5. preparação de técnicos (engenheiros, agentes técnicos e operários especializados) por meio de missões de estudo, ou estágios demorados, conforme os casos, em centros reputados estrangeiros da indústria siderúrgica;

6. medidas no sentido de acautelar as reservas de minérios e metálicas, especialmente de sucatas, cuja exportação deve ser totalmente proibida; não esqueçamos que 60 % do aço dos E. U. América é fabricado com sucatas;

7. organização de um plano geral e metódico de estudos, para em fases sucessivas preparar as realizações a enquadrar no plano definitivo do estabelecimento da indústria siderúrgica, impondo-se fixar:

a) qual a solução geral que adoptamos, electro-siderúrgica ou alto-forno;

b) quais os minérios de ferro (incluindo as cinzas das pirites) e castinas que vão ser utilizadas; qual o tipo de combustível ou carvão redutor a empregar;

c) qual, em função das respostas às questões anteriores, o melhor local para a instalação da fábrica;

d) qual a capacidade inicial da fábrica;

8. não-concessão de autorizações para instalações industriais que possam prejudicar o plano de conjunto da siderurgia nacional;

9. realização de um inquérito à indústria metalúrgica e metalo-mecânica nacional, para exame de todos os factores do seu trabalho e produção;

10. criação de um Instituto Nacional de Metalurgia.

* * *

A criação do Instituto Nacional de Metalurgia parece-me, de momento, o aspecto mais importante e urgente.

Com efeito, perdoe-se-me que repute deficiente, como órgão, para tratar de todas as transcendentes questões que se prendem com o problema siderúrgico, uma simples comissão de três engenheiros (recentemente nomeada), por mais hábeis, sabedores e trabalhadores que sejam os nomeados. Só um organismo especial, dotado de pessoal idóneo e laboratórios próprios, poderá levar a cabo uma tal missão, que por vezes terá de ser coadjuvada por técnicos consultivos eminentes estrangeiros. Vejamos, num tal caso, quais seriam as funções desse Instituto:

1. reunir toda a bibliografia importante e actualizada sobre metalurgia, livros, revistas, publicações oficiais dos vários países e dos mais conceituados Laboratórios e Institutos estrangeiros;

2. coligir e coordenar todos os elementos de informação técnica, quer sobre os nossos recursos de toda a espécie, quer sobre os processos técnicos de fabrico e tratamentos